



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Mezcla asfáltica en caliente con fibra de acero en la Av. Camino  
Real del distrito de Chimbote, Ancash, 2022

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniería Civil

**AUTORES:**

Silva Leon, Ricardo Kazuo ([orcid.org/0000-0002-3135-4245](https://orcid.org/0000-0002-3135-4245))

Tello Neglia, Diana Mercedes ([orcid.org/0000-0002-3682-1471](https://orcid.org/0000-0002-3682-1471))

**ASESORA:**

Mgtr. Legendre Salazar, Sheila Mabel ([orcid.org/0000-0003-3326-6895](https://orcid.org/0000-0003-3326-6895))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**CHIMBOTE – PERÚ**

**2023**

## **DEDICATORIA**

Dedico mi tesis con todo amor y cariño a mis padres Richard Silva Lozano y Aurora León Quiroz, y a mi pequeña hija Maddieson, quien se convirtió en un motivo más para culminar esta tesis.

(Silva León, Ricardo Kazuo)

Dedico esta tesis principalmente a Dios, por las bendiciones y la sabiduría que me brinda. A mis padres, por su apoyo incondicional en toda mi etapa universitaria. Y a mi hija, por ser mi fortaleza, mi inspiración y mi motivación para perseverar antes cada dificultad.

(Tello Neglia, Diana Mercedes)

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por haberme concedido una familia unida, que confía y cree en mí, gracias a ellos por los valores inculcados, que me harán mejor persona profesionalmente.

(Silva León, Ricardo Kazuo)

Le doy gracias a Dios, por permitirme culminar mi etapa profesional, a mis padres, por ser mi sustento, y un grato agradecimiento a mi asesora académica, por brindarnos el apoyo y la guía necesaria para la realización de este trabajo

(Tello Neglia, Diana Mercedes)

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Resumen	v
Abstract	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II.MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	17
3.1. Tipo y diseño de investigación	17
3.2. Variables y operacionalización	17
3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis	18
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	19
3.5. Procedimiento	19
3.6 Método de análisis de datos	20
3.7 Aspectos Éticos	20
IV. RESULTADOS	22
V. DISCUSIÓN	38
VI. CONCLUSIONES	40
VII. RECOMENDACIONES	41
REFERENCIAS	42
ANEXOS	

## RESUMEN

En este proyecto de investigación titulado “Mezcla asfáltica en caliente con fibra de acero en la av. Camino Real del distrito de Chimbote, Áncash, 2022”, tiene como objetivo principal diseñar una mezcla asfáltica en caliente con fibra de acero, buscando las dosificaciones adecuadas y haciendo un comparativo con el diseño asfáltico convencional. Previo a la realización de la investigación es importante conocer las controversias que se presenta en el sector transporte, como el pésimo estado de las pistas, debido al aumento del tránsito vehicular, lo cual ocasiona el deterioro acelerado del pavimento, conllevando a realizar mantenimientos y presentándose un caos de tráfico.

Con el fin de buscar una solución factible a esta problemática, se propuso diseñar una mezcla asfáltica, la cual sea más resistente a deformaciones, es por eso que a la mezcla convencional presenta un tentativo de añadirsele fibras de acero. Para hacer esto posible se ha considerado distintos porcentajes de fibra de acero como 1%, 5% y 10%, con el propósito de mejorar sus propiedades mecánicas y físicas, controlando las fisuras y extendiendo su vida útil.

**Palabras clave:** Fibra de acero, mezcla asfáltica en caliente, propiedades mecánicas y físicas, fisuras.

## **ABSTRACT**

In this research project entitled "Hot asphalt mixture with steel fiber in av. Camino Real del Distrito de Chimbote, Áncash, 2022", has as its main objective the design of a hot asphalt mixture with steel fiber, seeking the appropriate dosages and making a comparison with the conventional asphalt mixture. Before carrying out the investigation, it is important to know the controversies that arise in the transport sector, such as the poor state of the tracks, due to the increase in vehicular traffic, which causes the accelerated deterioration of the pavement, leading to maintenance and presenting chaos. of traffic. In order to find a feasible solution to this problem, it was proposed to design an asphalt mixture, which is more resistant to deformations, that is why the conventional mixture presents an attempt to add steel fibers. To make this possible, different percentages of steel fiber have been considered, such as 1%, 5% and 10%, in order to improve its mechanical and physical properties, controlling cracks and extending its useful life.

**Keywords:** Steel fiber, hot mix asphalt, mechanical and physical properties, cracks.

## I. INTRODUCCIÓN

La mezcla asfáltica se define como un compuesto de áridos, mejor dicho, piedras, arena y un ligante asfáltico, mezclados que de tal manera se obtenga una combinación monótona (Garnica, 2005, p.1).

En esa misma línea, Rondón (2022, p. 33) menciona que la mezcla asfáltica está compuesta por agregados gruesos y finos con un ligante asfáltico, que pueden ser elaborados en las centrales mezcladoras o pueden fabricarse in situ.

Es conveniente agregar que, las mezclas asfálticas calientes se procesan a una temperatura entre 145 – 160°C para un asfalto convencional, de manera que permita conseguir el cubrimiento de los agregados de manera uniforme, y se pueda disponer del tiempo necesario para su transporte, tendido y compactación (Delgado, 2020, p. 7).

Así, actualmente el estado de los pavimentos flexibles se ha visto afectado debido a los esfuerzos y deformaciones ocasionados por la susceptibilidad en la capacidad diseñada para el soporte de la subrasante, inadecuados materiales en las capas granulares, factores climáticos, entre otros (Cárdenas, 2018, p.25). Además, también se ven perjudicados por el desarrollo vehicular de sobrecarga, que no solo causa el tráfico, si no también, los cambios climáticos aceleran el deterioro y daños de las aceras tradicionales, lo que resulta en un deterioro funcional (Quispe, 2020, p.5).

En nuestro país, notamos que este problema se ve reflejado en el crecimiento anual de la cantidad de vehículos, el cual se ha incrementado el presente año a comparación del 2021, lo que involucra un mayor movimiento de vehículos ligeros y pesados, evidenciándose a través del Índice Nacional del Flujo Vehicular que aumentó en 5,1% en el transcurso de un año, influenciado por el tránsito de vehículos pesados (3,2%) como también con el tráfico de vehículos ligeros (6,9%), impulsado por la ascendente demanda del servicio de transporte por el retorno a las clases presenciales y el regreso gradual a los centros de trabajo (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2022, p. 1).

Respecto a lo mencionado, el tráfico de transporte pesado de 3 a 7 ejes se elevó en 2.2%, reflejado en la significativa disposición del servicio de estos vehículos por

las actividades requeridas en los sectores de minería, manufactura, construcción y comercio; y, en el caso del transporte ligero aumentó en 6.9%, debido al mayor desplazamiento para realizar actividades rutinarias de trabajo y académicas. (Asociación Automotriz del Perú, 2022).

En la ciudad de Chimbote se ha evidenciado que el sector transporte necesita renovaciones, por lo tanto, actualmente se vienen ejecutando estudios para aliviar la subrasante del suelo añadiendo algún insumo y aditivo con el fin de que la capacidad de soporte tenga mejoría (Chavín y Honores, 2021, p. 21).

De manera específica, la infraestructura de la Av. Camino Real se encuentra dañada con exorbitantes depresiones, ocasionado por tráfico continuo y la humedad (Matta y Pulido, 2019, p.1). Las fallas se han generado por el exceso de fuerzas vehiculares que resiste la pista, ocasionando daños y deterioros en la pavimentación, lo cual perjudica a los transportistas y a los pobladores que viven alrededor de la avenida, debido a la polvareda que daña su salud (Salinas y Villena, 2019, p. 19). La vía en estudio se encuentra entre la Av. José Pardo y Jr. Cajamarca, comprendiendo una longitud de 2.47 km. En la cual se ha podido identificar a través de la observación fallas superficiales como, fisuramientos, deformaciones, desprendimientos y desintegración de los bordes del pavimento.

Por lo mencionado precedentemente se planteó la siguiente pregunta general: ¿Cuál es la influencia de la incorporación de fibras de acero en una mezcla asfáltica en caliente convencional? También, se ha formulado preguntas específicas: ¿Cuál es la dosificación de una mezcla asfáltica convencional y la influencia con la adición de 1%, 5% y 10% de fibra de acero?, ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente convencional y de la mezcla asfáltica modificada?, ¿Cuál es el óptimo diseño de la mezcla asfáltica en caliente con la integración de fibra de acero?, ¿Cuál es el costo del diseño de una mezcla asfáltica en caliente con fibra de acero al 1%, 5% y 10%?

El proyecto de investigación se justificó de forma social debido a que los pobladores circundantes a la avenida necesitan que las condiciones de la carpeta asfáltica sean óptimas, de modo que disminuyan las patologías identificadas, a través de una mezcla asfáltica modificada, y se mejore el tránsito de vehículos.



El proyecto de investigación se justificó en lo práctico, ya que propuso una solución ante el problema de fallas superficiales en los pavimentos flexibles, las cuales son de vital importancia controlar para eludir el deterioro y daño ligero de la capa asfáltica, añadiendo fibras de acero mediante la inducción del calor a una mezcla asfáltica tradicional.

El proyecto de investigación se justificó teóricamente porque desarrolló la teoría que las propiedades de la carpeta asfáltica mejora con la incorporación de fibras de acero, de tal manera que se amplía el conocimiento de las maneras que se pueden intervenir para que la vida útil sea más prolongada.

Por otro lado, se tiene por objetivo general, diseñar una mezcla asfáltica en caliente con fibra de acero en la Av. Camino Real del distrito de Chimbote, Áncash. Los objetivos específicos son, determinar la dosificación de una mezcla asfáltica convencional y la influencia con la adición de 1%, 5% y 10% de fibra de acero, determinar las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente convencional y de la mezcla asfáltica modificada, determinar el diseño óptimo de una mezcla asfáltica en caliente con fibra de acero y determinar el costo del diseño de una mezcla asfáltica en caliente con fibra de acero al 1%, 5% y 10%.

Finalmente, como hipótesis planteamos lo siguiente: La incorporación de fibras de acero al 1%, 5% y 10% mejoraría las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente.

## II. MARCO TEÓRICO

A nivel internacional, Carvajal y Cruz (2022) tuvieron como objetivo comprobar que una mezcla modificada puede autorrepararse, adicionando filamentos de acero; elaboró 15 muestras de mezcla convencional y 108 muestras modificadas con (0.5%, 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6% y 7%), las cuales fueron sometidas al método Marshall para finalmente hacer un comparativo. Como resultado principal obtuvieron que la incorporación del 2% de filamentos de acero a aumentan en 4% su estabilidad, un 9% en el flujo, disminuye la resistencia al desgaste al cántaro, en las pruebas de desempeño de tracción indirecta y módulo de rigidez aumentaron.

Asimismo, Shiha, El Badawy y Gabr (2022) tuvieron como objetivo investigar la idoneidad de usar fibras de acero como un agregado, de manera que mejore las propiedades mecánicas de las capas del pavimento. Tuvieron como resultado que las fibras de acero en un 60% cumple con los requisitos de las especificaciones egipcias, produciendo también una estabilidad Marshall mayor a una convencional. Además, Alikhani y Latifi (2022) determinaron el efecto del aditivo de viruta de acero en la mezcla asfáltica, para lo cual realizaron la prueba de fractura por flexión semicircular y el sistema de fatiga por flexión de viga en 4 puntos para evaluar el impacto de viruta de acero e impacto del nivel de deformación. Los resultados obtenidos revelaron que al agregar viruta de acero elevó el nivel de tensión asimismo su rendimiento de curación.

Por otro lado, Gan, Li, Ke, Deng y Yu (2022) mencionaron que el acero como agregado en una mezcla asfáltica tiene excelentes propiedades mecánicas, sin embargo, plantea demostrar los efectos de la incorporación con otros aditivos a la mezcla asfáltica con este material, para resolver los problemas de la alta absorción de agua en el pavimento. Es por ello que realizó el ensayo en 10 probetas Marshall que fueron compactadas 50 veces en ambos lados. Su principal resultado fue que el desempeño del pavimento después del tratamiento mejoró en estabilidad dinámica y resistencia. Concluyeron que la mezcla asfáltica con acero y un aditivo especial cumple con las normas chinas y se obtiene un buen rendimiento en el pavimento.

A su vez, Goli (2021) tuvo como objetivo evaluar el empleo de escoria de acero con la finalidad de aumentar la sostenibilidad de los pavimentos, para ello, comparó la resistencia, la estabilidad y la fatiga de la escoria, con diferentes porcentajes (0%, 25%, 50% y 75%) para la evaluación del rendimiento mecánico del pavimento con escoria de acero. Como resultado obtuvo que la integración de escoria de acero tuvo mejor desempeño, mejoró la estabilidad Marshall, la resistencia a la tracción y formación de surcos, dando como indicación final que el uso de escoria de acero produce un asfalto más perdurado.

De otro lado, Al Ridha, Alkaissi y Kareem (2021) tuvieron como objeto determinar el comportamiento al envejecimiento después de añadir fibras de acero, la resistencia a la humedad. Como resultado para el envejecimiento a largo y corto plazo la estabilidad aumentó en un 34.2% y un 36% respectivamente, en cuanto a la resistencia a la tracción indirecta sus mejores resultados fueron al 0.2% con fibra de acero, 5.5% de asfalto; pero al agregar al 0.4% de fibra de acero y 5.5% de asfalto, estos redujeron a un aproximado de 5.2% y 5.7% respectivamente a comparación de la mezcla control. Adicionalmente, Georgiou y Loizos (2021) investigaron el desempeño antideslizante que posee una mezcla con contenido de acero, aplicadas para las capas de rodadura de asfalto, obteniendo como resultado una mejor resistencia a la tracción indirecta incorporando escoria de acero.

De esta forma, Flor (2021) tuvo como objetivo analizar el comportamiento al adicionar fibras metálicas a una mezcla asfáltica y la comparó con una convencional, realizó 4 mezclas con diferentes porcentajes de asfalto (5%, 5.5%, 6%, 6.5%) y 5 mezclas adicionando la fibra metálica en (10%, 20%, 30%, 40% y 50%). Como resultado principal el 30% de adición de fibras metálicas mostró óptimo comportamiento, la estabilidad mejora y en el porcentaje de vacíos se obtuvo 3.85%; sin embargo, presentó problemas de ahuellamiento.

A su vez, Morcote (2019) evaluó el comportamiento mecánico de las mezclas asfálticas añadiendo escoria de acero, aplicó una metodología experimental. Como resultado principal se consiguió el mesurado adecuado de asfalto siendo el 5% como respuesta a los ensayos aplicados. Además, al reemplazar en un 100% el agregado fino por escoria, la mezcla tuvo menor deformación, genera mayo

trabazón que limita el desplazamiento y como resultado final se recomienda implementar en un 89.9% la escoria de acero.

Por otra parte, Liu, Li, Zhu, y Xu (2019) tuvieron como objetivo evaluar la aplicación de las fibras de acero al pavimento asfáltico. La permeabilidad, estabilidad al agua y estabilidad Marshall del asfalto modificado fueron analizadas, en donde los resultados mostraron que la mezcla de asfalto con fibras de acero tenía buena permeabilidad, estabilidad Marshall y alta resistencia al desgaste, por lo que concluyen que mejora el rendimiento del pavimento.

Asimismo, Ochoa, Grimaldo, Orjuela y Muñoz (2018) diseñaron una mezcla asfáltica, empleó la metodología RAMCODES para la obtención de porcentajes óptimos, obtuvieron valores de módulos dinámicos similares respecto a una mezcla modificada y una convencional, sin embargo, el módulo dinámico de la mezcla alterada excede en 13%. Seguidamente, presentaron un mejor comportamiento mecánico en cuanto a la estabilidad y flujo, debido a la cohesión y fricción interna de la mezcla.

También, Fiallos y Unda (2018) tuvieron como objetivo diseñar una mezcla asfáltica en caliente con la adición de fibras de acero, para compararlo con una mezcla convencional para un pavimento flexible, se elaboraron 6 briquetas por cada porcentaje al 1%, 3%, 5% y 7% y 3 briquetas por cada porcentaje de asfalto al 5%, 5.5%, 6%, 6.5% y 7%. Como principales resultados obtuvieron que la dosificación óptima de asfalto es de 6.3% y el porcentaje de fibra de acero óptima es el 4% en relación al cemento asfáltico, mientras que, el ensayo de estabilidad y flujo aumentó en un 4%.

Sin embargo, Rondón, Muniz y Reyes (2018) mencionan que no todos los aceros son apropiados para reemplazar al agregado grueso en una mezcla asfáltica, se ha constatado que el dilema de la dilatación se puede contrarrestar sometiendo al acero a un periodo largo de envejecimiento natural, es decir disminuye el porcentaje de cal. Se concluyó que el envejecimiento de las escorias de acero no certifica que su estabilidad volumétrica sea la adecuada.

Así mismo, Capa (2017) tuvo como objetivo analizar el actuar mecánico de una mezcla asfáltica con la integración de fibras de acero. Su investigación fue de tipo exploratorio, experimental y de laboratorio. En este caso tanto la población como la muestra fueron las mismas según la base tomada de la norma AASHTO T245, AASHTO D 1559 las cuales fueron 3 briquetas al 1%, 1.5% y 2%. Como principal resultado se comprobó que al adicionar el 1% de fibra de acero, ésta sobrepasa la estabilidad de una mezcla tradicional y cantidades similares en cuanto al flujo. Se concluyó que no es favorable adicionar más del 1% de fibras de acero ya que la estabilidad tiende a disminuir.

Del mismo modo, Segura (2017) tuvo como objetivo evaluar cuáles son las ventajas y desventajas de incorporar fibras de acero a cambio del agregado grueso en mezclas asfálticas. Incorporó en sus ensayos porcentajes de fibra de acero al 12.5%, 24%, 31%, 49% y 63%. Los resultados obtenidos determinaron que el aditivo mejora las propiedades de estabilidad, flujo y rigidez, al adicionar este elemento el porcentaje de asfalto se reduce proporcionalmente. Concluyó que la modificación con fibra de acero brinda mayor resistencia a la deformación por ahuellamiento y aumento de la estabilidad.

A su vez, Marroquín y Quintero (2017) tuvieron como objetivo comparar las propiedades de un asfalto modificado con escorias de acero y uno convencional, se elaboraron muestras para ser ensayadas posteriormente bajo parámetros del método Marshall, como resultado principal de los ensayos realizados permitió mejorar las propiedades de las mezclas convencionales, el porcentaje que mejor desempeño tuvo fue el 21%. Además, Liu, Li, Schlangen, Sun y Wu (2017) prepararon una mezcla con fibra de acero, analizando los efectos que estos producen sobre las propiedades mecánicas, térmicas y curativas. Los resultados que se tuvo al añadir fibra de acero fue que mejoró la estabilidad del agua, la resistencia a la pérdida de moléculas y fractura, además, ralentiza el enfriamiento para la curación de grietas.

En cuanto a los antecedentes considerados, a nivel nacional, Calva y Muñoz (2022) tuvieron como objetivo determinar el flujo y la estabilidad en una mezcla en caliente con escoria de acero, emplearon el método Marshall con porcentajes de escoria de

acero al 15%, 25%, 50% y 70% respecto al adherido grueso. Como resultado principal los materiales satisfacen los estándares de calidad. Concluyó que la mejor combinación de mezcla asfáltica alterada es un 15%, lo cual cumple para tránsito liviano y mediano.

Así mismo, Luis y Silva (2022) determinaron los efectos de las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica con escoria de acero. Su muestra estuvo constituida por 44 briquetas, 28 convencionales con diferentes porcentajes de asfalto (5%, 5.5%, 6%, 6.5%, 7%, 7.5% y 8%) y 16 para distintas cantidades de escoria de acero (15%, 25%, 50% y 75%) en sustitución del adherido grueso, como técnica e instrumento se tuvo a la observación directa y el uso de fichas de laboratorio respectivamente. Como principal resultado notó que dicha mezcla modificada estaba dentro de los parámetros del EG - 2013 y que les daba un incremento a las propiedades. Concluyó que al añadir este componente la resistencia y la estabilidad, mejora y aumenta respectivamente; dado que estas presentan buenas propiedades físicas y mecánicas.

Por otra parte, Olivera, Guevara y Muñoz (2021) realizaron una investigación con un enfoque en la optimización de las propiedades mecánicas añadiendo de fibras artificiales y naturales, en resultado afirma que variando la dosificación de fibra de acero de un 0% a 2.6% en volumen, influyen significativamente en cuanto a la resistencia por tracción, desproporciones y agrietamiento.

Además, Pérez y Silva (2021) tuvieron como objetivo diseñar una mezcla modificada con fibra de acero, la población fue la elaboración de 16 briquetas, la muestra fue 4 briquetas de una mezcla convencional y por cada porcentaje de acero (3%, 4%, 5%), se elaboró 4 briquetas, incorporado a la mezcla, la técnica que se empleó fue la observación directa, para la recolección de datos fue el empleo de ensayos granulométricos de agregados y la escoria de acero. La dosificación para el diseño patrón fue 60% de arena, 40% de grava triturada con 5.5% de cemento asfáltico, mientras que para sus diseños modificados fue 50% de arena natural, 47% de grava, y 3% de fibras de acero, por otro lado, para su dosificación con 4% de acero, usó el 50% de arena, 46% de grava y 5.5.% de asfalto y, por último, para su diseño con 5% de fibra de acero utilizó 50% de arena, 45% de grava y 5.5.% de

asfalto. Como principal resultado obtuvieron que con el 5.5% cemento asfáltico y 5% de fibra de acero cumplen con la norma EG-2013.

A su vez, Castillo y Moreno (2021) tuvieron como objetivo analizar mediante el método Marshall la influencia que tiene el acero y caucho triturado adicionado en una mezcla asfáltica. El tipo y diseño de la investigación fue aplicada – básica y cuasi experimental, respectivamente. Su población fueron las briquetas convencionales y alteradas con caucho triturado y escoria de acero, la muestra estuvo conformada por un total de 144 briquetas asfálticas, teniendo dosificaciones de cemento asfáltico al 5.0%, 5.50%, 6.0% y 6.5%. El principal resultado fue que al analizar las características físicas de una mezcla con escoria de acero se verificó que el mejor porcentaje es el 6%. Se concluyó que el diseño asfáltico de la combinación (0.80% C.T + 6% EA) la rigidez presenta una mejora en un 9.45% y en la estabilidad un 42.63%, por lo que, posee gran resistencia al peso axial y deformaciones.

Asimismo, Segundo y Tesen (2021) tuvieron como objetivo determinar que la mezcla asfáltica puede autorrepararse induciendo calor incorporando fibras de acero y caucho. Tuvieron como población a la mezcla asfáltica modificada y como muestra 134 briquetas de mezcla asfáltica patrón, la técnica e instrumentos fueron la observación directa y fichas de ensayos, respectivamente. La dosificación que usaron para su diseño fue 51% de agregado grueso, 47% de agregado fino y 2% de filler. Como resultados de la incorporación de fibras de acero al 2%, 4% y 8%; al 8% presenta mejor estabilidad, el 4% presenta mejor estabilidad/flujo y flujo y el 2% presenta menor relación de porosidad. Concluyó que la incorporación de fibra de acero en una mezcla asfáltica en caliente disminuye la relación de porosidad y aumenta el flujo de las muestras.

Asu vez, Llanos (2021) tuvo como objetivo añadir un 5% y 10% de escoria de acero a la mezcla asfáltica para determinar la capacidad portante del suelo, tuvo como población 3 puntos por cada kilómetro de la calle del centro poblado, la muestra estuvo conformada por 3 naturales, 3 con el 5% de escoria de acero y 3 con el 10% de escoria de acero. Como técnica e instrumento aplicó la observación científica y guías de avisos, reglas de mecánica de suelos, respectivamente. Como resultado

para la calicata 1, 2 y 3 la muestra experimental al 5 y 10% no absorbe mucha agua y la densidad seca aumenta. Concluyó que al adicionar 5% de escoria de acero al suelo, esta mejora su capacidad de soporte en un 4.3% y 5.9% al adicionar 10% de escoria de acero, llegando a ser una subrasante muy buena.

Por otro lado, Quispe y Torres (2020) tuvieron como objetivo diseñar una mezcla auto-reparable para contrarrestar las fisuras y alargar el tiempo de vida de la calzada. Fue de tipo exploratorio con un diseño experimental, la población fueron las pistas metropolitanas de Lima, la muestra contempló el diseño de una mezcla asfáltica añadiendo polímeros en 1%, 2 % y 3% respecto al total de agregados, el instrumento empleado fue la prensa Marshall. El principal resultado fue que, en comparación a los parámetros de diseño brindados por EG-2013, la incorporación de fibras de acero al 1% obtuvo mejores efectos en la mezcla asfáltica. Se concluyó que el 1% de fibra de acero mejora la estabilidad, ya que estas mejoran la cohesión de agregados y ligante asfáltico.

También, Ibérico (2019) tuvo como objetivo incluir la fibra de acero en la mezcla asfáltica convencional. Su tipo de diseño fue experimental correlacional, la población fueron las mediciones de análisis de la mezcla asfáltica, la muestra fue de 48 ensayos Marshall el cual consta de 12 por cada dosificación de fibra de acero al 5%, 10% y 12%, y 12 convencionales. El principal resultado fue una relación óptima de cemento asfáltico de 5.5% con un 5% de fibra de acero, logrando un producto más favorable. Además de ello, comparó los costos del diseño de una mezcla asfáltica convencional con una mezcla modificada, resultando S/.251.50 y S/.235.70, respectivamente. Se concluyó que al incorporar un 5% de fibra de acero, tuvo un incremento de 121 kgf/cm en su rigidez.

Quipusco y Villegas (2019) tuvieron como objetivo sustituir el agregado grueso por uno siderúrgico y determinar los efectos que producen en el pavimento, la población fue la mezcla asfáltica en caliente la cual se va elaborar, la muestra fueron 150 especímenes adicionando escoria de acero al 25%, 50%, 75%, 100%, el tipo de diseño fue cuantitativa, mientras que el tipo de diseño experimental. El resultado principal fue que se utilizó menos porcentaje de cemento asfáltico, mejoró la densidad, la estabilidad y redujo el porcentaje de vacíos aplicado con un 25% de



EA en la mezcla asfáltica. Concluyó que la estabilidad y la densidad se incrementa hasta un 25% después de eso empieza a reducirse, el flujo aumenta proporcional al porcentaje de escoria de acero, el porcentaje de vacíos disminuye con la integración del 25% de EA; sin embargo, con porcentajes mayores empieza a aumentar.

En cuanto a las teorías, el pavimento es la agrupación de capas colocadas una sobre otra, debidamente compactadas, con un diseño adecuado y materiales idóneos. Esta composición estratificada se asienta sobre la subrasante de un camino obtenido por excavación, y que ha de resistir las cargas que se le transmite durante el tiempo de vida para el cual fue diseñada (Montejo, 2002, p.1). Al respecto, para que un pavimento cumpla sus funciones tiene que cumplir con las siguientes características: 1) Ser resistente a las cargas aplicadas por los vehículos, 2) ser resistente a la degradación de sus componentes, 3) ser durable, 4) tener un diseño adecuado para el drenaje, 5) mantener el ruido de rodadura en un nivel moderado, 6) ser económico y 7) conservar un color apto para evitar reflejos y garantizar la seguridad en el tránsito (Montejo, 2002, p. 2)

El tipo de pavimento flexible, se caracteriza por estar constituido con una capa bituminosa, que se asienta sobre la base y subbase, que dependen de la calidad de la subrasante y de los requisitos de cada pavimentación (Fiallos y Unda, 2018, p. 12). Las distintas capas del pavimento flexible tienen funciones que deben de cumplir. La subbase granular debe ser económica, tener un diseño que impida la filtración de los materiales de las capas superiores, impedir el paso de los finos a la subrasante que minimicen su calidad, absorber el contenido de agua para impedir deformaciones en la superficie y transmitir los esfuerzos del tránsito adecuadamente a la subrasante. La base granular proporciona resistencia que transfiera a la subbase y subrasante las cargas en una magnitud adecuada. La carpeta asfáltica resiste los efectos de la circulación de vehículos, es impermeable y debe ser resistente a la tensión (Montejo, 2002, pp. 4-5).

Por otra parte, la mezcla asfáltica es la composición en gran porcentaje de agregados finos y gruesos con una mínima proporción de asfalto (Fiallos y Unda, 2018, p. 13). Este compuesto de áridos y cemento bituminoso es el más usado para

la construcción de pavimentos a nivel mundial (Norambuena-Contreras, Gonzalez-Torre, Sánchez y Dowling, 2017, p. 1).

Esta mezcla en caliente combina los materiales a una elevada temperatura y su diseño determina las propiedades físicas y eventualmente el desempeño de esta como pavimento flexible; para calcular las dotaciones de los componentes se aplica el método Marshall (Carvajal y Cruz, 2022, p. 25).

Las mezclas asfálticas deben tener propiedades que garanticen que las mezclas sean más durables con respecto a las cargas del tráfico y resistentes a los cambios del clima. Una de sus propiedades es la resistencia a las deformaciones plásticas, las cuales son alteraciones permanentes producidas por el tráfico pesado o por una elevada temperatura. Otras variables que afectan el desarrollo de estas deformaciones son las características del asfalto y de los agregados finos y gruesos (Capa, 2017, p. 7).

Asimismo, otra propiedad es la durabilidad, que es la resistencia de la superficie a los agentes externos. Está enlazado al desgaste del betún, a la exposición de la luz solar, los efectos por el agua y a las acciones derivadas del tráfico (Capa, 2017, p. 8). Además, la durabilidad también depende de la resistencia a factores como la disgregación de los agregados pétreos y el desprendimiento del asfalto (Carvajal y Cruz, 2022, p. 36).

La propiedad de resistencia a la fatiga se da por las cargas a flexión sometido por los esfuerzos del tráfico, por lo que surge el agrietamiento, conocido como piel de cocodrilo (Carvajal y Cruz, 2022, p. 32).

La impermeabilidad impide que se produzcan fisuras en el pavimento ocasionadas comúnmente por las precipitaciones pluviales. Las filtraciones de agua se interponen entre la adhesión del asfalto y los agregados, por lo que es recomendable tener suficiente material bituminoso en la mezcla, realizar una adecuada compactación e implementar drenajes transversales y longitudinales (Carvajal y Cruz, 2022, pp. 35-36). Esta propiedad está relacionada con los porcentajes de vacíos, ya que al realizar una buena compactación se impedirá la filtración de agua y aire por su interior (Castillo y Moreno, 2021, p. 12).

La manejabilidad es la facilidad con la que la mezcla es manipulada, dependiendo de la temperatura que se emplea. (Castillo y Moreno, 2021, p. 25) Se considera que una mezcla asfáltica es suficientemente trabajable cuando es sencilla de colocar y compactar. Dependiendo del diseño varían las condiciones de esta propiedad, aunque, las mezclas más trabajables son, comúnmente, más propensas a una deformación. (Carvajal, 2022, p. 38)

La estabilidad brinda la capacidad de soportar la circulación de vehículos y las cargas que se generan sin originar deformaciones. Esta propiedad tiene relación con la cantidad incluida de asfalto, debido que a una alta proporción la mezcla será más estable hasta cierto límite, luego tiende a disminuir. (Castillo y Moreno, 2021, p. 25)

La flexibilidad es una propiedad de la mezcla que permite resistir las deformaciones del pavimento sin terminar agitándose. (Minaya y Ordoñez, 2001). Es decir, permite a un pavimento admitir las cargas de deformación sin llegar a fisurarse, además, tiene una relación directa con la fatiga. (Capa, 2017, p. 8).

Ante lo expuesto, la finalidad del diseño de una mezcla asfáltica es seleccionar la proporción apropiada de líquido asfáltico para lograr alcanzar un equilibrio en todas las propiedades requeridas. (Quipusco y Villegas, 2019, p. 32) Por ello, se debe obtener una dosificación económica de asfalto y agregados que logre: 1) Una competente estabilidad para satisfacer las exigencias del tránsito vehicular sin deformaciones. 2) Un contenido de asfalto adecuado que garantice un pavimento durable, de manera que impermeabilice por completo los materiales pétreos, y a la vez realizar una buena compactación. 3) Una apta trabajabilidad que permita la correcta manipulación desde su elaboración hasta la compactación. 4) Suficiente porcentaje de vacíos en la compactación. (Capa, 2017, p. 16)

En cuanto a los asfaltos, son una composición de hidrocarburos que provienen de la destilación del petróleo, cuya elaboración contiene principalmente carbón. (Broncano y Campos, 2021, p. 35) Se define como una sustancia ligante negro y solidez variable, y su rigidez varía según la temperatura con la que se trabaje. A medida que esta se eleva, el asfalto va pasando a un estado cada vez más líquido. (Calva y Muñoz, 2022, p.4)

Los asfaltos de petróleo son los más comunes en la pavimentación y se elaboran por destilación del crudo de petróleo. Poseen mejores características por sus propiedades ligantes y de resistencia a la fragmentación, es por ello que el asfalto se usa para unir los agregados e impermeabilizarlos para evitar la humedad. (Montejo, 2002, p. 420)

El asfalto tiene una gran importancia en el comportamiento de una vía pavimentada. Sin embargo, las mezclas bituminosas con asfalto tradicional no siempre actúan como se espera, por tal motivo se han avanzado elaborados polímeros que se añaden a la mezcla según la escasez, los cuales pueden ser termorrígidos, termoplásticos, elastómeros y elastómeros-termoplásticos (Quispe y Torres, 2020, pp. 17-18).

Generalmente, los asfaltos actúan como sólidos o semisólidos a una temperatura ambiente y su proceder varía dependiendo a la temperatura a la que se lo someta, se ablanda y se vuelve fluido al aumentar la temperatura, permitiendo así cubrir los agregados durante el desarrollo de elaboración de una mezcla asfáltica (Segura, 2017, pp. 20-21).

Ahora bien, un asfalto modificado consta de la adición de una sustancia a una mezcla asfáltica convencional, apostada de mejorar sus propiedades, disminuir el cambio de consistencia ante diferentes temperaturas, aumentar la adherencia y la resistencia a las deformaciones permanentes que producen fallas en el pavimento (Broncano y Campos, 2021, p. 50).

Las fibras de aceros, son pequeños filamentos alargados que pueden ser orgánicos o sintéticos, las cuales deberán ser lo más diminutas posible para así poder acoplarse en toda la mezcla asfáltica. (Vivar, 2001, p. 4) Estas fibras aportan resistencia a la fatiga, a la compresión, a la tracción, y a la flexión. (Maccaferri, 2001, p.8)

Mientras que, las fibras de acero trefilado se usan como refuerzo en la mezcla de concreto como también en pavimentos flexibles, ayudando principalmente a que la mezcla asfáltica sea uniforme, con una elevada relación longitud/diámetro y proporcionando un alto beneficio en la mezcla con una mínima ración de fibra de acero. (Ibérico, 2019, p. 17)

Por otro lado, entre los componentes de la mezcla asfáltica convencional se tiene a los agregados finos y gruesos. Los adheridos pedregosos, se describen como un conjunto de gravas y arenas, usados sea para la preparación de mezclas asfálticas, concretos o para la colocación de capas del pavimento. (Capa, 2017, p. 13)

Los adheridos gruesos deberán provenir del machacamiento de peñasco o de grava o por una combinación; tendrán que ser pulcros, tenaces y duraderos; sin sustancias que entorpezcan la unión con el asfalto, compensando los requisitos de calidad. (MTC, 2013, p. 469)

Los adheridos finos, estarán formados por arena de trituración o arena natural. Deben ser rígidos, pulcros y de textura arrugada y angular; además que no deben contener sustancias raras que frenen la unión con el asfalto. (MTC, 2013, p. 470).

Las exigencias para los adheridos gruesos son la durabilidad, adherencia, índice de durabilidad, caras fracturadas, abrasión de los ángeles, sales solubles totales, partículas chatas y alargadas, y absorción. (MTC, 2013).

Las exigencias para los adheridos finos son las pruebas de equivalente de arena, azul de metileno, angularidad, índice de plasticidad, índice de durabilidad, sales solubles totales y absorción. (MTC, 2013).

Por todo lo expuesto, para obtener el diseño de una mezcla asfáltica se aplica el ensayo Marshall, el cual se encuentra en la norma ASTM D-1559. (Minaya y Ordoñez, 2001, p. 101) Este ensayo tiene como propósito determinar un contenido óptimo de cemento asfáltico, y también precisar las densidades y los porcentajes de vacíos óptimos. (Ibérico, 2019, p. 18)

La estabilidad Marshall es la carga máxima que se le aplica a la briqueta de dimensiones estándar. Conforme aumenta la proporción de asfalto, la estabilidad igualmente, hasta que llega a un tope del cual comienza a empobrecerse. La relación de porosidad en la mezcla tiende a reducirse con el aumento de asfalto. (Flor, 2021, p. 12)

Este procedimiento radica en ensayar tres briquetas por cada porcentaje de cemento asfáltico. Una vez realizado los modelos deben de mantenerse a temperatura ambiente y después de un día proceder a determinar el peso

específico. Para realizar la corrección Marshall se debe calcular las dimensiones de las briquetas según la norma del MTC E 507. Para ensayarlas, deben de estar sumergidas en agua maría a una temperatura de 60°C durante 30 o 40 minutos. Una vez culminado el tiempo, durante los próximos 30 segundos se deben de secar y llevar a la máquina. La velocidad del ensayo es 50 mm/min, y después del proceso se debe de registrar la carga que resiste. La prueba de estabilidad determina la resistencia a la deformación, mientras que el flujo determina la deformación bajo la carga. (MTC, 2013)

El valor de rendimiento es la deformación que sufre la biqueta a lo largo de su diámetro vertical durante las mediciones de estabilidad y aumenta conforme crece la proporción de asfalto incorporado. Este parámetro determina la deformación producida por las cargas de los vehículos. Los problemas de deformación generalmente están presentes cuando la fluencia es alta. Por el contrario, un valor de fluidez bajo y un valor de estabilidad alto darán como resultado una mezcla quebradiza y muy dura. (Flor, 2021, p. 13)

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### **3.1.1 Tipo de investigación**

El tipo de investigación es aplicada, con un enfoque cuantitativo, puesto que se aplicarán conocimientos teóricos a partir de los cuales se analizarán los valores numéricos de los resultados de laboratorio.

##### **3.1.2 Diseño de investigación**

El diseño de investigación es experimental. Se empezó identificando un problema a partir del cual se propuso una hipótesis, que se verificará al ensayar la muestra y conseguir resultados confiables.

#### **3.2. Variables y operacionalización**

Variable Independiente: Fibra de acero

Variable Dependiente: Mezcla asfáltica en caliente

### 3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis

#### 3.3.1. Población

La población es la totalidad de las briquetas de análisis de mezcla asfáltica en caliente, incluyendo las briquetas elaboradas con la mezcla convencional y con la mezcla modificada.

#### 3.3.2. Muestra

La muestra fue de 12 briquetas de mezcla asfáltica convencional, con 5%, 5.5%, 6% y 6.5% de asfalto. De la mezcla asfáltica modificada se ensayarán 3 briquetas con 1%, 5% y 10% de fibras de acero, con el porcentaje de asfalto óptimo que se obtenga inicialmente, sumando 9 briquetas, teniendo un total de 21 briquetas ensayadas.

**TABLA Nº 1**  
**DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA**

		Porcentaje de asfalto				Cantidad parcial de briquetas	
		5%	5.5%	6%	6.5%		
Porcentaje de fibras de acero	Mezcla asfáltica convencional	0%	3 briq.	3 briq.	3 briq.	3 briq.	12 briq.
	Mezcla asfáltica modificada	1%	3 briq.				3 briq.
		5%	3 briq.				3 briq.
		10%	3 briq.				3 briq.
Cantidad total de briquetas							21 briq.

Fuente: Elaboración propia



### **3.3.3. Muestreo**

El muestreo es de tipo no probabilístico. La muestra ha sido seleccionada dependiendo de los porcentajes de asfalto y de fibras de acero mencionadas.

### **3.3.4. Unidad de análisis**

La unidad de análisis son las briquetas de mezcla asfáltica convencional y modificada.

## **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La técnica es la observación experimental, ya que se necesita manipular las variables, para analizar los ensayos mencionados en la matriz de operacionalización de variables, ensayando las briquetas con diferentes porcentajes de asfalto y fibras de acero.

Los instrumentos fueron las fichas de recopilación de datos obtenidos del laboratorio.

- Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos MTC E 204 (ASTM C136-06).
- Gravedad específica y absorción de agregados finos MTC E 205 (ASTM C-127).
- Peso específico y absorción de agregados gruesos MTC E 206 (ASTM C-127).
- Abrasión los Ángeles MTC E 207.
- Ensayo Marshall MTC E504 - AASHTO T-245 (ASTM D-1559).
- Ensayo Rice AASHTO T 209 (ASTM D 2041)

## **3.5. Procedimiento**

La recolección de información empezó con la identificación de una problemática que afecta significativamente a la población, observando las condiciones en la que se encuentra el pavimento en estudio, planteando así los objetivos como alternativa de solución a este dilema y una pequeña hipótesis según lo que se espera lograr.

Se continuó con la redacción del marco teórico, con la búsqueda de antecedentes nacionales e internacionales como: tesis, artículos de investigación, revistas, etc., de los cuales se recopiló información con variables semejantes a las que se va a tratar. Además, se añadieron las bases teóricas, las cuales contienen información valiosa para la comprensión del tema del proyecto de investigación.

Luego se estableció el tipo y diseño de investigación, y también la población, muestra y muestreo, proponiendo 36 briquetas a ensayar, por lo que, como unidad de análisis se tiene las briquetas de mezcla asfáltica convencional y modificada. Después, se identificó que la técnica de recolección de datos es la observación experimental y el instrumento a usar es la ficha de recopilación de datos.

Seguido de ello, se escogió el método de análisis de datos, continuando con los aspectos éticos que debemos de cumplir para que el proyecto sea confiable y veraz, y por último se elaboró el cronograma de ejecución, referido a la elaboración de la tesis.

### **3.6 Método de análisis de datos**

El método de análisis de datos es descriptivo, mediante los protocolos a usar para el procedimiento de los ensayos, registrando los resultados en las fichas de recopilación de datos.

### **3.7 Aspectos Éticos**

Para los aspectos éticos, se tomará en cuenta la Resolución de consejo universitario N° 0262-2020/UCV, en el capítulo II se encuentra el artículo 3 que hace mención a los principios de ética en investigación que debemos tener presentes. Al realizar este proyecto se consideró los siguientes principios:

El principio de autonomía, ya que cada usuario que está realizando el proyecto es libre de decidir si continúa o no, según sea la situación en que se encuentre.

El principio de responsabilidad, ya que luego del proceso de investigación se deberá asumir las responsabilidades que se desprendan.

El principio de probidad, se entregarán los resultados de manera veraz, sin alterar los protocolos certificados.

En el principio de justicia, ambos usuarios que realizan el proyecto de investigación deben tener un mismo trato hacia la otra persona, con un sentimiento de igualdad.

El principio de respeto a la propiedad intelectual, se respetó los aportes de los investigadores citados en este proyecto de investigación, con la finalidad de evitar caer en plagio parcial o total de otros autores.

Finalmente, el principio de transparencia, ya que, una vez comprobada su autenticidad de los resultados, el proyecto de investigación será validado.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Dosificación de una mezcla asfáltica en caliente convencional y con la adición de 1%, 5% y 10% de fibra de acero

i. Requerimiento del agregado fino y agregado grueso para la mezcla asfáltica en caliente (MAC)

Se realizaron los ensayos a los agregados según las normas pertinentes descritas en la norma MTC 2013, para verificar que cumplen con los requerimientos establecidos. Según los resultados del ensayo granulométrico se empezó a definir la dosificación de la mezcla asfáltica, y posterior a ello, la dosificación de la mezcla modificada, reemplazando el contenido del agregado fino por las fibras de acero.

**TABLA N° 2**  
**COMPARACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DEL AGREGADO GRUESO**

Ensayos	Comparación	
	Requerimiento	Muestra
	≤ 3000 m.s.n.m.	≤ 3000 m.s.n.m.
Abrasión Los Ángeles	40% máx.	<b>12%</b>
Partículas chatas y alargadas	10% máx.	<b>10.0%</b>
Caras fracturadas	85/50	<b>97/76</b>
Sales Solubles Totales	0.5% máx.	<b>0.41%</b>
Absorción	1.0% máx.	<b>0.41%</b>

Fuente: Manual de Carreteras / Laboratorio KAE Ingeniería

#### Interpretación:

En la tabla n.º 2 se observa los resultados obtenidos en los ensayos realizados al agregado grueso, de los cuales se pudo obtener que el porcentaje máximo de desgaste de la muestra es 12%, de igual manera el 10% de partículas chatas y alargadas está dentro del porcentaje máximo permitido, por otro lado la notación 97/76 demuestra que el 97% del agregado tiene una cara fracturada, mientras que el 76% tiene dos caras fracturadas, por último el porcentaje de absorción requerido es de un máximo de 1.0%, y se obtuvo en los ensayos 0.41%.

**TABLA N° 3  
COMPARACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DEL AGREGADO FINO**

Ensayos	Comparación	
	Requerimiento	Muestra
	≤ 3000 m.s.n.m.	≤ 3000 m.s.n.m.
Equivalente de Arena	60%	<b>72%</b>
Angularidad	30%	<b>46.3%</b>
Índice de Plasticidad (malla N° 40)	No presenta	No presenta
Índice de Plasticidad (malla N° 200)	4 máx.	No presenta
Sales Solubles Totales	0.5% máx.	<b>0.44%</b>
Absorción	0.5% máx.	<b>0.45%</b>

Fuente: Manual de Carreteras / Laboratorio KAE Ingeniería

**Interpretación:**

De los ensayos realizados a la muestra de agregado fino, que se muestran en la tabla n.º 3, se pudo obtener que, el equivalente de arena, el cual es 72% está por encima del valor descrito por la norma MTC E 114, de igual modo, el porcentaje de angularidad que se requiere por la norma MTC E 222, y se obtuvo como resultado el 46.3%. En lo que se refiere al índice de plasticidad pasante de la malla N° 40 y N° 200, según la norma MTC E 111 no presenta, y la muestra cumple con dicho requerimiento. El porcentaje máximo de sales solubles totales según la norma MTC E 219 es 0.5% máximo, obteniendo en la muestra 0.44%, por lo tanto, está dentro del límite establecido. Por último, el porcentaje de absorción también cumple con lo impuesto por la norma MTC E 205, ya que se requiere el 0.5% máximo y en la muestra se obtuvo el 0.45%.

ii. Dosificación para el diseño de mezcla asfáltica en caliente convencional

**TABLA N° 4**  
**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL**

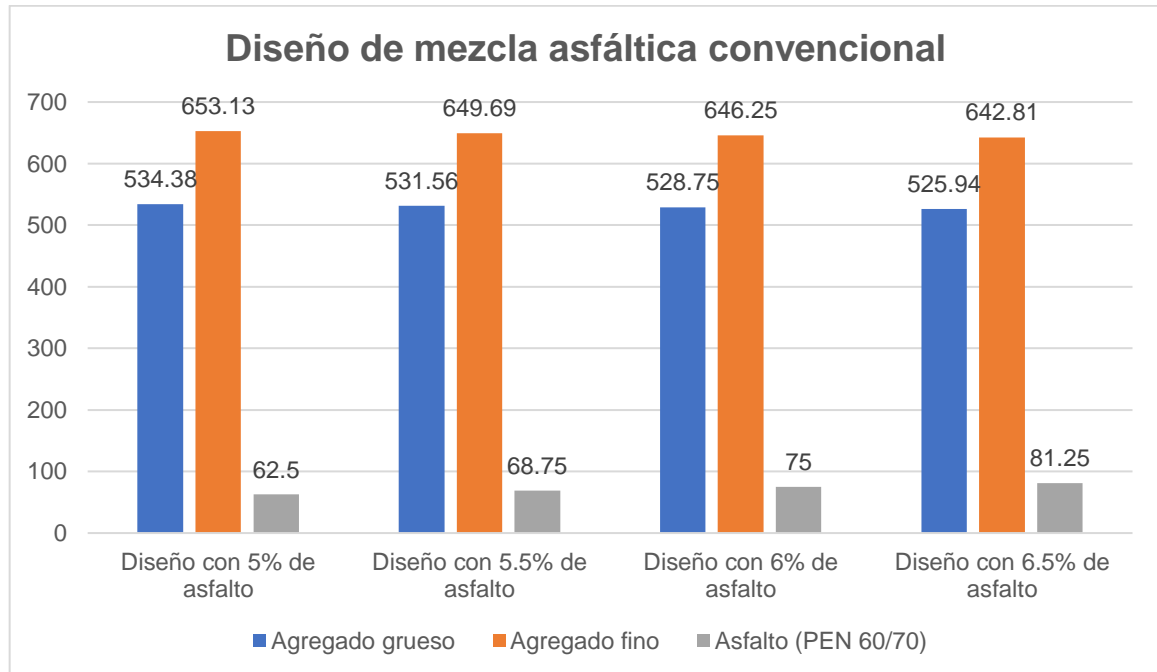
<b>Diseño de mezcla asfáltica convencional</b>				
<b>Materiales</b>	<b>Diseño con 5% de asfalto</b>	<b>Diseño con 5.5% de asfalto</b>	<b>Diseño con 6% de asfalto</b>	<b>Diseño con 6.5% de asfalto</b>
Agregado grueso (gr)	534.38	531.56	528.75	525.94
Agregado fino (gr)	653.13	649.69	646.25	642.81
Asfalto (PEN 60/70) (gr)	62.50	68.75	75.00	81.25
<b>Total</b>	1250.00 gr	1250.00 gr	1250.00 gr	1250.00 gr

Fuente: Laboratorio KAE Ingeniería

**Interpretación:**

En la tabla n.º 4, se observan las dosificaciones de acuerdo a cada porcentaje de asfalto (5%, 5.5%, 6%, 6.5%) con un peso de 1250gr para cada diseño, con el fin de obtener un porcentaje óptimo que presente mejor estabilidad y flujo al realizar el ensayo Marshall. Para el diseño con 5% de asfalto, se obtuvo la cantidad de agregado grueso de 534.38 gr y fino de 653.13 gr; mientras que para el diseño con 5.5% de asfalto, se obtuvo la cantidad de agregado grueso de 531.56 gr y fino de 649.69 gr; por otro lado, para el diseño con 6% de asfalto, se obtuvo la cantidad de agregado grueso de 528.75 gr y fino de 646.25 gr, finalmente para el diseño con 6.5% de asfalto, se obtuvo la cantidad de agregado grueso y fino de 525.94 gr y 642.81 gr respectivamente, haciéndose notorio que a mayor contenido de asfalto menor será el contenido de agregados.

## GRÁFICO Nº 1 DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL



Fuente: Elaboración propia

### Interpretación:

En el gráfico n.º 1 se observa que, para la dosificación de la mezcla asfáltica convencional, conforme se aumenta el asfalto disminuye la cantidad de los agregados.

### iii. Dosificación de una mezcla asfáltica en caliente modificada

Después de haber realizado el ensayo Marshall se obtuvo un contenido óptimo de asfalto del 5.6%.

**TABLA N° 5**  
**DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA MODIFICADA**

Diseño de mezcla modificada						
Materiales	Con 1% de fibra de acero		Con 5% de fibra de acero		Con 10% de fibra de acero	
	%	Gr	%	gr	%	gr
Agregado grueso	42	495.60	42	495.60	42	495.60
Agregado fino	57	677.56	53	650.18	48	615.96
Fibra de acero	1	6.84	5	34.22	10	68.44
Asfalto	5.6	70.00	5.6	70.00	5.6	70.00
<b>Total</b>	1250.00 gr		1250.00 gr		1250.00 gr	

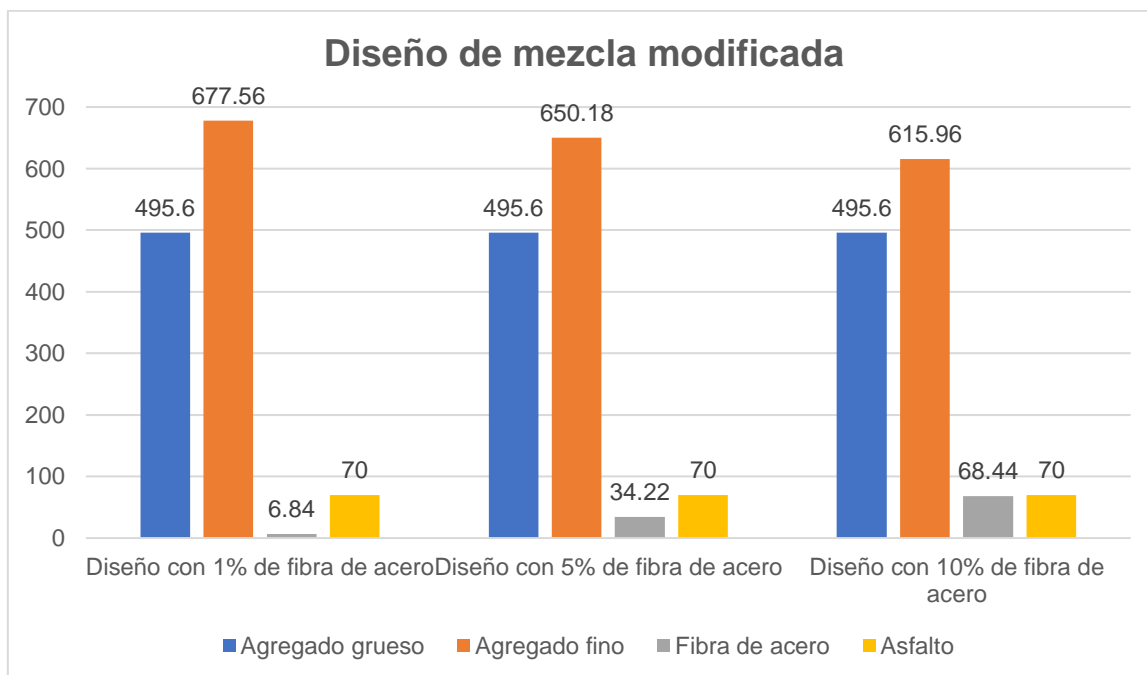
Fuente: Laboratorio KAE Ingeniería

**Interpretación:**

En la tabla n.º 5 se muestra el diseño de mezcla asfáltica modificada con 1%, 5% y 10% de fibra de acero. La cantidad de asfalto fue seleccionada ensayando la mezcla asfáltica convencional, obteniendo como resultado una proporción óptima de 70 gr. para cada uno de los diseños. En tanto que, la cantidad de fibra de acero fue medido en reemplazo del agregado fino, es por ello que la cantidad de agregado grueso es igual para los tres diseños modificados, siendo de 495.60 gr. De esta manera para el diseño con 1% de fibra de acero la cantidad de agregado fino fue de 677.56 gr y 6.84 gr de fibra de acero. Del mismo modo sucede para el diseño con 5% de fibra de acero la cantidad de agregado fino fue de 650.18 gr y 34.22 gr de fibra de acero. Por último, para el diseño con 10% de fibra de acero la cantidad de agregado fino fue de 615.96 gr y 68.44 gr de fibra de acero.



## GRÁFICO Nº 2 DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA



Fuente: Elaboración propia

### Interpretación:

En el gráfico n.º 2 se observa que conforme se aumenta la cantidad de fibra de acero, se disminuye la cantidad de agregado fino, debido a la sustitución que se está realizando. Sin embargo, la cantidad de asfalto y agregado grueso se mantiene.

**4.2. Propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente convencional y de la mezcla asfáltica modificada.**

**TABLA Nº 6  
PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA  
CONVENCIONAL**

<b>Cuadro resumen con porcentaje de C.A.</b>					
	<b>Parámetros</b>	<b>5% de asfalto</b>	<b>5.5% de asfalto</b>	<b>6% de asfalto</b>	<b>6.5% de asfalto</b>
Peso específico Probeta	-	2.361	2.368	2.381	2.400
Vacíos (%)	3 – 5	4.8	3.8	2.3	0.7
Vacíos Agregado Mineral (%)	Min. 13%	13.68	13.88	13.85	13.63
Vacíos llenados con C. A. (%)	70 – 80	64.86	72.85	83.28	95.65
Flujo (mm)	2 – 4	3.5	3.7	3.9	4.1
Estabilidad (Kgf)	> 544	1145	1225	1232	1168
Estabilidad/Flujo (Kgf/cm)	1700 - 4000	3301	3290	3142	2864

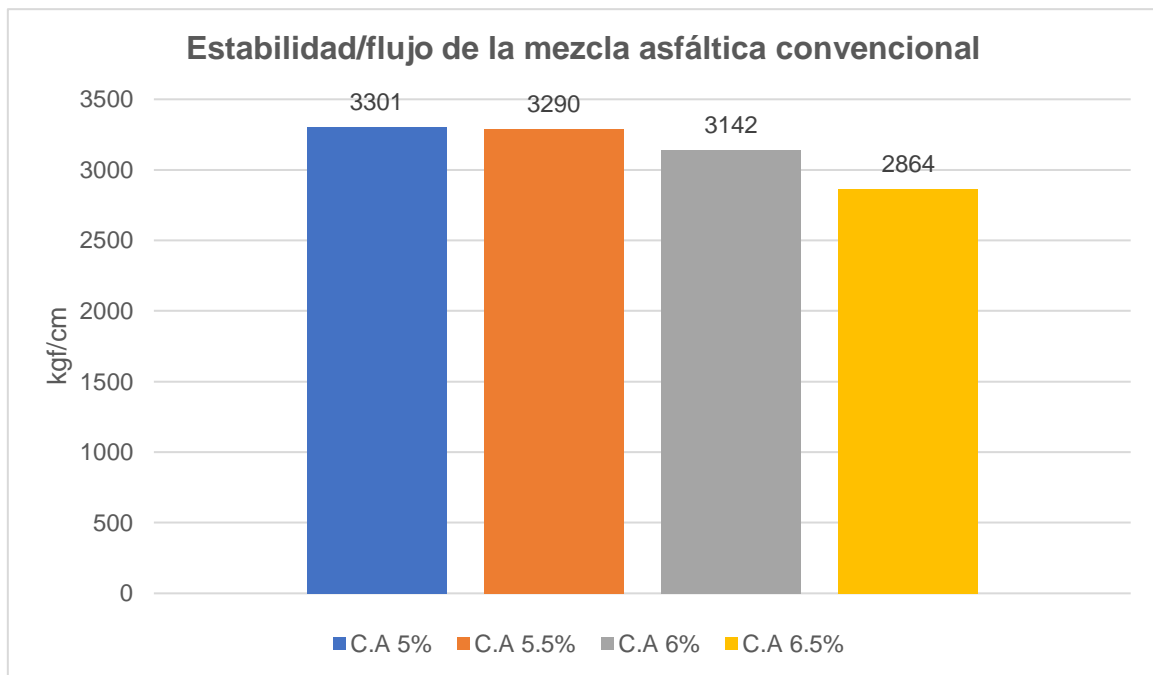
Fuente: Laboratorio KAE Ingeniería

**Interpretación:**

En la tabla anterior se muestra los resultados del diseño de mezcla convencional según el 5%, 5.5%, 6%, 6.5% de asfalto, los cuales tienen un peso específico de 2.361 kg, 2.368 kg, 2.381 kg y 2.400 kg, respectivamente. Se observa que el porcentaje de vacíos disminuye conforme aumenta la cantidad de asfalto, presentando 4.8% y 3.8% en la mezcla con 5% y 5.5% de asfalto, respectivamente, cumpliendo solo estos porcentajes de asfalto con los parámetros de 3% a 5%. También, se observa que el flujo de la mezcla con 5%, 5.5% y 6% de asfalto cumplen con los parámetros de 2 a 4 mm. Asimismo, los valores de estabilidad de los cuatro diseños son mayores a 544 kgf, obteniendo un mayor resultado con 6% de asfalto. Por último, se puede observar que los cuatro diseños están entre el rango de 1700 a 4000 kgf/cm de estabilidad/flujo, de modo que, a medida que se aumenta la cantidad de asfalto este resultado disminuye.

### GRÁFICO Nº 3

#### ESTABILIDAD/FLUJO DEL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL



Fuente: Elaboración propia

#### Interpretación:

En el gráfico n.º 3 se muestra la relación de estabilidad/flujo obtenido de la mezcla asfáltica convencional, a partir del ensayo Marshall, realizado para el 5%, 5.5%, 6% y 6.5% de asfalto, en donde se observa que a menor cantidad de asfalto se obtiene un mejor resultado.

**TABLA N° 7**  
**PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON ADICIÓN DE 1% DE FIBRA DE ACERO**

<b>Propiedades físicas de la mezcla asfáltica en caliente modificada</b>		
	<b>Especificaciones</b>	<b>Mezcla asfáltica con 1% de fibra de acero</b>
% de asfalto optimo	Dato obtenido del ensayo Marshall	5.6
Número de golpes en cada lado	50	50
Peso unitario (gr/cm <sup>3</sup> )	-	2.354
Estabilidad (Kgf)	> 815	1515
Flujo (cm)	2 – 4	3.9
Vacío de aire (%)	3 – 5	4.3
Estabilidad/flujo (kgf/cm)	1700 – 4000	3884

Fuente: Laboratorio KAE Ingeniería

**Interpretación:**

En la tabla n.º 7 se muestran las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica con 1% de fibra de acero, con un contenido de asfalto de 5.6%, el cual fue determinado por el ensayo Marshall. Según este diseño se determinó una estabilidad de 1515 kgf, flujo de 3.9 mm, 4.3% de vacíos de aire y una rigidez de 3884 kgf/cm.

**TABLA N° 8  
PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN  
CALIENTE CON ADICIÓN DE 5% DE FIBRA DE ACERO**

<b>Propiedades físicas de la mezcla asfáltica en caliente modificada</b>		
	<b>Especificaciones</b>	<b>Mezcla asfáltica con 5% de fibra de acero</b>
% de asfalto optimo	Dato obtenido del ensayo Marshall	5.6
Número de golpes en cada lado	50	50
Peso unitario (gr/cm <sup>3</sup> )	-	2.297
Estabilidad (Kgf)	815	1354
Flujo (mm)	2 – 4	6.7
Vacío de aire (%)	3 – 5	8.1
Estabilidad/flujo (kgf/cm)	1700 – 4000	2018

Fuente: Laboratorio KAE Ingeniería

**Interpretación:**

En la tabla n.º 8 se muestran las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica con 5% de fibra de acero, con un contenido de asfalto de 5.6%, el cual fue determinado por el ensayo Marshall. Según este diseño se obtuvo una estabilidad de 1354 kgf, flujo de 6.7 mm, 8.1% de vacíos de aire y un factor de rigidez de 2018 kgf/cm, lo que significa que sus resultados no cumplen con los parámetros.

**TABLA N° 9**  
**PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON ADICIÓN DE 10% DE FIBRA DE ACERO**

<b>Propiedades físicas de la mezcla asfáltica en caliente modificada</b>		
	<b>Especificaciones</b>	<b>Mezcla asfáltica con 10% de fibra de acero</b>
% de asfalto optimo	Dato obtenido del ensayo Marshall	5.6
Número de golpes en cada lado	50	50
Peso unitario (gr/cm <sup>3</sup> )	-	2.240
Estabilidad (Kgf)	815	1221
Flujo (mm)	2 – 4	7.5
Vacío de aire (%)	3 – 5	11.7
Estabilidad/flujo (kgf/cm)	1700 – 4000	1634

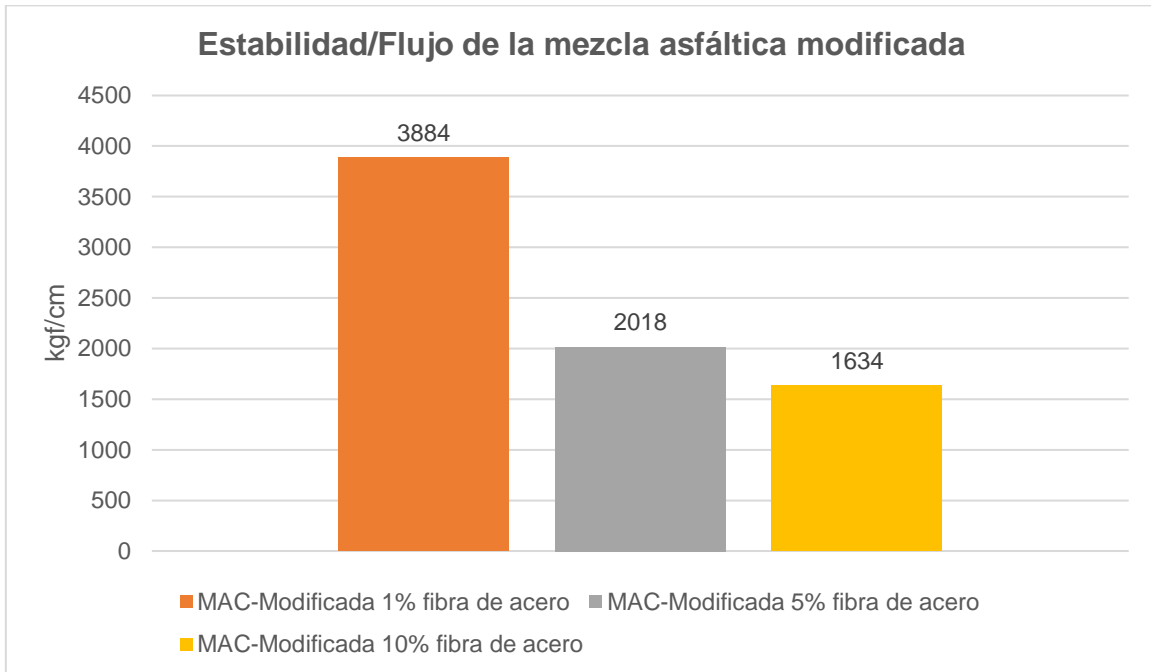
Fuente: Laboratorio KAE Ingeniería

**Interpretación:**

En la tabla n.º 9 se presentan las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica con 10% de fibra de acero, con un contenido de asfalto de 5.6%, el cual fue determinado por el ensayo Marshall. Según este diseño se obtuvo una estabilidad de 1221 kgf, un flujo de 7.5 mm, 11.7% de vacíos de aire y un factor de rigidez de 16334 kgf/cm, lo que significa que sus resultados no cumplen con los parámetros.

## GRÁFICO Nº 4

### ESTABILIDAD/FLUJO DEL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA



Fuente: Elaboración propia

#### Interpretación:

En el gráfico n.º 4 se muestran los valores de estabilidad/flujo, también denominado factor de rigidez, obtenidos del diseño de mezcla asfáltica con la adición de 1%, 5% y 10% de fibra de acero, con 5.6% de asfalto. En este gráfico se observa que se obtuvo un mejor resultado con 1% de fibra de acero.

### 4.3. Diseño óptimo de una mezcla asfáltica en caliente con fibra de acero

**TABLA N° 10  
DISEÑO ÓPTIMO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE  
CONVENCIONAL**

<b>Diseño óptimo de la mezcla asfáltica convencional</b>			
	<b>Parámetros</b>	<b>Resultado óptimo</b>	<b>Und.</b>
Numero de golpes en cada cara de la probeta	-	50.00	
% Cemento Asfáltico en peso	-	5.60	%
Peso unitario Probeta	-	2.369	gr/cm <sup>3</sup>
Vacíos	3 – 5	3.50	%
Vacíos Agregado Mineral	Min. 13%	13.91	%
Vacíos llenados con C. A.	70 – 80	74.80	%
Flujo	2 – 4	3.8	Mm
Estabilidad	> 544	1233	Kg
Factor de rigidez	1700 – 4000	3268	kg/cm

Fuente: Laboratorio KAE Ingeniería

#### **Interpretación:**

En la tabla n.º 10, se muestra el porcentaje óptimo de asfalto 60/70, el cual es 5.6%, obtenido a partir del ensayo Marshall, realizado a 4 distintos porcentajes de asfalto, obteniendo de este diseño un porcentaje de vacíos de 3.5%, un flujo de 3.8 mm, una estabilidad de 1233 kg y un factor de rigidez de 3268 kg/cm.



**TABLA N° 11**  
**DISEÑO ÓPTIMO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE**

<b>RESUMEN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CONVENCIONAL Y MODIFICADA</b>				
	<b>Mezcla asfáltica con 0% de fibra de acero</b>	<b>Mezcla asfáltica con 1% de fibra de acero</b>	<b>Mezcla asfáltica con 5% de fibra de acero</b>	<b>Mezcla asfáltica con 10% de fibra de acero</b>
% de asfalto optimo	5.6	5.6	5.6	5.6
Número de golpes en cada lado	50	50	50	50
Peso unitario (g/cm <sup>3</sup> )	2.369	2.354	2.297	2.240
Estabilidad (Kgf)	1223	1515	1354	1221
Flujo (mm)	3.8	3.9	6.7	7.5
Vacío de aire (%)	3.5	4.3	8.1	11.7
Estabilidad/flujo (kgf/cm)	3268	3884	2018	1634

Fuente: Laboratorio KAE Ingeniería

**Interpretación:**

En la tabla n.º 11 se muestra un resumen de las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica convencional y con la adición de 1%, 5% y 10% de fibra de acero, de modo que se pueda distinguir el diseño óptimo. El diseño que presenta mayor estabilidad/flujo es con 1% de fibra de acero, obteniendo un resultado de 3884 kgf/cm, además que, 1515 kgf de estabilidad, 3.9 mm de flujo y 4.3% de vacíos de aire, son valores mejores a los resultados del diseño convencional, por lo corresponden a un diseño óptimo, aunque el diseño convencional presenta 3.5% de vacíos de aire, siendo el menor porcentaje entre los cuatro diseños. Por otro lado, los diseños con 5% y 10% presentan menor estabilidad/flujo, mayor porcentaje de vacíos de aire, mayor flujo y menor estabilidad.

**4.4. Costo del diseño de una mezcla asfáltica en caliente con fibra de acero al 1%, 5% y 10%**

**TABLA N° 12  
COSTO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CONVENCIONAL PARA 1M3**

<b>Materiales</b>	<b>Und.</b>	<b>Cant.</b>	<b>P. U</b>	<b>Parcial</b>
Piedra chancada ½"	m3	0.63	68.00	42.84
Arena gruesa	m3	0.82	28.00	22.96
Liquido PEN 60/70	gl	35.5	75.00	177.5
<b>TOTAL (S/.)</b>				<b>243.3</b>

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N° 13  
COSTO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON 1% DE FIBRA DE ACERO PARA 1M3**

<b>Materiales</b>	<b>Und.</b>	<b>Cant.</b>	<b>P. U</b>	<b>Parcial</b>
Piedra chancada ½"	m3	0.63	68.00	42.84
Arena gruesa	m3	0.81	28.00	22.96
Liquido PEN 60/70	gl	35.5	5.00	177.5
Fibra de acero	kg	0.01	17.00	0.17
<b>TOTAL (S/.)</b>				<b>243.47</b>

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N° 14  
COSTO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON 5% DE FIBRA DE ACERO PARA 1M3**

<b>Materiales</b>	<b>Und.</b>	<b>Cant.</b>	<b>P. U</b>	<b>Parcial</b>
Piedra chancada ½"	m3	0.63	68.00	42.84
Arena gruesa	m3	0.77	28.00	21.56
Liquido PEN 60/70	gl	35.5	5.00	177.5
Fibra de acero	kg	0.05	17.00	0.85
<b>TOTAL (S/.)</b>				<b>242.75</b>

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N° 15**  
**COSTO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON 10% DE FIBRA DE**  
**ACERO PARA 1M3**

<b>Materiales</b>	<b>Und.</b>	<b>Cant.</b>	<b>P. U</b>	<b>Parcial</b>
Piedra chancada ½"	m3	0.63	68.00	42.84
Arena gruesa	m3	0.72	28.00	20.16
Líquido PEN 60/70	gl	35.5	5.00	177.5
Fibra de acero	kg	0.10	17.00	1.70
<b>TOTAL (S/.)</b>				242.2

Fuente: Elaboración propia

### **Interpretación:**

En la tabla n.º 12 se muestra el costo de elaboración de 1m3 de mezcla asfáltica convencional, teniendo un importe de S/ 243.3, mientras que en las tablas n.º 13, n.º 14 y n.º 15 se muestran los costos de elaboración de la mezcla modificada con 1%, 5% y 10%, teniendo un importe de S/ 243.47, S/ 242.75 y S/ 242.2, respectivamente, de los cuales se puede observar que a mayor porcentaje de fibra de acero aumenta el costo total, sin embargo, la diferencia de los precios entre los cuatro diseños es mínima.

### **Contrastación de hipótesis**

Luego de realizado los ensayos y procesados los resultados, podemos dar veracidad que la hipótesis planteada, ya que la incorporación al 1% de fibra de acero cumple con las expectativas de mejorar las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente.

## V. DISCUSIÓN

5.1. Se determinó las dosificaciones para la mezcla asfáltica convencional y modificada con la adición de 1%, 5% y 10% de fibra de acero. Para el diseño convencional la dosificación adecuada fue 45% de agregado grueso y 55% de agregado fino, mientras que para los diseños modificados la cantidad de fibra de acero se fue dando en reemplazo del agregado fino, es por ello que con 1% de fibra de acero se consideró 57% de agregado fino, con 5% de fibra de acero se consideró 53% de agregado fino, y con 10% de fibra de acero se consideró 48% de agregado fino, manteniéndose el porcentaje de agregado grueso en un 42% para cada una. Estos valores se asemejan con la dosificación de Pérez y Silva, quienes dosificaron un 60% de arena y un 40% de grava para su diseño de mezcla convencional, de igual modo, para su diseño modificado plantearon el reemplazo del agregado fino por el 3%, 4% y 5% de fibra de acero. Asimismo, Segundo y Tesen plantearon una dosificación parecida, con 51% de agregado grueso, 47% agregado fino y 2% de filler, diferenciándose en el aumento de 2%, 4% y 8% de fibra de acero a su mezcla patrón, en reemplazo de la cantidad de los agregados fino y grueso.

5.2. Se determinó las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente, obteniendo resultados de estabilidad, flujo y rigidez que cumplen con las condiciones según la norma EG-2013. Por otro lado, con el diseño de mezcla con 1% de fibra de acero se obtuvo mejores resultados que con el diseño convencional, ya que presenta mayor factor de rigidez y estabilidad. De igual manera, Segura determinó que al incorporar fibras de acero en sustitución del agregado grueso mejora las propiedades de estabilidad, flujo y estabilidad/flujo. Ambas investigaciones coinciden que con la adición de este elemento se obtienen mejores resultados en las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica.

5.3 Se determinó el diseño óptimo de una mezcla asfáltica en caliente con 1%, 5% y 10% de fibra de acero, obteniéndose mejores resultados con la adición del 1%, con 5.6% de asfalto. Este diseño permitió que se obtengan mejores resultados de estabilidad y rigidez, en comparación a una mezcla asfáltica convencional. Este diseño coincide con la investigación de Quispe y Torres, quienes determinaron que con 1% de fibra de acero a la mezcla asfáltica se obtenía un diseño óptimo con respecto a una mezcla convencional, mostrando mejores resultados de estabilidad.

Por otro lado, Ibérico, determinó un contenido de asfalto diferente, obteniendo un mejor diseño con 5% de fibras de acero y 5.5% de asfalto.

5.4 Se determinó el costo de elaboración por m<sup>3</sup> de la mezcla asfáltica convencional y con 1%, 5 y 10% de fibras de acero, resultando un costo de S/ 243.30, S/ 243.47, S/ 242.75, S/ 242.20, respectivamente, por lo que se da a entender que económicamente se requiere un gasto mayor para elaborar un diseño modificado con fibras de acero. Sin embargo, Ibérico determinó que para elaborar 1m<sup>3</sup> de mezcla asfáltica modificada con el 5% de fibra de acero resulta más económico que realizar un diseño de mezcla convencional, debido al reemplazo de la arena natural y arena chancada

## VI. CONCLUSIONES

1. Se determinó que el diseño de mezcla asfáltica en caliente con sustitución de 1% de fibra de acero por el agregado fino mejoró las propiedades físicas y mecánicas, aumentado su estabilidad en 23.88% más que la mezcla asfáltica convencional y mejorando su estabilidad/flujo en 18.85%.
2. Se determinó la dosificación de la mezcla asfáltica convencional y modificada con el 1%, 5% y 10% de fibra de acero obteniéndose para la mezcla convencional: 495.60 gr de agregado grueso, 684.40 gr de agregado fino y 70 gr de asfalto; en tanto, para la mezcla modificada al 1%, 5% y 10% se obtuvo una dosificación de 677.56 gr, 650.18 gr y 615.96 gr de agregado fino, respectivamente, manteniéndose la cantidad de agregado grueso y asfalto.
3. Se determinó las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica convencional a través del ensayo Marshall, arrojando una estabilidad de 1223 Kgf, un flujo de 3.8 mm y una estabilidad/flujo de 3268 kgf/cm; con respecto a la adición de 1% de fibra de acero se obtuvo una estabilidad de 1515 kgf, un flujo de 3.9 mm y una estabilidad/flujo de 3884 kgf/cm; en cuanto a la adición de 5%, se obtuvo una estabilidad de 1354 kgf, un flujo de 6.7 mm y una estabilidad/flujo de 2018 kgf/cm; y, con la adición de 10%, se obtuvo una estabilidad de 1221 kgf, un flujo de 7.5 mm y una estabilidad/flujo de 1634 kgf/cm.
4. Se determinó, de acuerdo a los ensayos realizados, que el diseño óptimo de una mezcla asfáltica en caliente, con sustitución de fibra de acero por agregado fino, ha sido con 1%.
5. Se calculó el costo de materiales para el diseño de una mezcla asfáltica convencional resultando S/. 243.30 para 1m<sup>3</sup>, mientras que para la mezcla asfáltica modificada con 1% de fibra de acero se tiene un costo de materiales de S/. 243.47 para 1m<sup>3</sup>; en cuanto al costo de materiales con 5% de fibra de acero, resulta en S/. 242.75 para 1m<sup>3</sup>; y, el costo de materiales con 10% de fibra de acero, resulta en S/. 242.20 para 1m<sup>3</sup>.

## VII. RECOMENDACIONES

1. De acuerdo a los resultados obtenidos en esta tesis, se recomienda a los futuros tesisistas proseguir con la innovación en cuanto a su comportamiento y propiedades de la mezcla asfáltica en caliente con adición de fibra de acero con distintos porcentajes, con la visión de construir pavimentos resistentes y con mayor vida útil; además se plantea como otra alternativa de mejora, la sustitución de fibra de acero por el agregado grueso entre 1% a 5%, para obtener una mezcla más homogénea evitando que las fibras de acero sobresalgan de la carpeta asfáltica.
2. En cuanto a las propiedades físicas y mecánicas se recomienda a los futuros tesisistas realizar el ensayo Marshall para cada porcentaje de adición de fibra de acero en sustitución del agregado fino, para obtener así su porcentaje óptimo de asfalto y por consiguiente evaluar cual posee las mejores propiedades de sus distintos porcentajes de inclusión.
3. Se recomienda a los futuros tesisistas trabajar y/o proponer como alternativa de un proyecto dosificaciones incluyendo la fibra de acero de 0.5% a 1% en sustitución del agregado fino, ya que al agregar porcentajes mayores al 1% de fibra de acero dañaría la carpeta asfáltica, perdiendo las propiedades físicas y mecánicas.
4. Es recomendable para las autoridades usar la mezcla asfáltica en caliente con fibra de acero, ya que la diferencia de costos es mínima, pero los beneficios que brinda esta inclusión son mayores en cuanto a resistencia y durabilidad de la carpeta asfáltica.

## REFERENCIAS

ALIKHANI, Hadi, LATIF, Manouchehr. Evaluation of the effect of Waste steel Shaving, damage severity and strain level on the healing behavior of asphalt mixtures at different damaging-healing cycles [en línea]. 28 de mayo de 2022. [Fecha de consulta: 18 de octubre de 2022].

Disponible en <https://tinyurl.com/2yqwxvyb>

AL-RIDHA, ALKAISSI y KAREEM. *Evaluating the influence of adding steel fibers on the moisture damage and aging resistance of hot asphalt mixtures*. [en línea]. 21 de mayo de 2021. [Fecha de consulta: 18 de octubre de 2022].

Disponible en <https://tinyurl.com/26htzphm>

ANALYSIS of use of granulated slag in asphalt mixtures manufacturing for pavements por Ochoa Díaz Ricardo [et al]. Espacios [en línea]. Mayo 2018, vol. 39, n.º 37. [Fecha de consulta: 3 de octubre de 2022].

Disponible en <http://www.revistaespacios.com/a18v39n37/a18v39n37p02.pdf>

ISSN: 0798-1015

BRONCANO, José y CAMPOS, Diego. Influencia del cemento asfáltico modificado con polímeros SBS y ELVALOY sobre las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente. Tesis (Título Profesional en Ingeniería Civil). Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2021. 259 pp.

CALVA, Leyner y MUÑOZ, Sócrates. Stability and flow of hot asphalt mixes incorporating steel slags. *Infraestructura vial* [en línea]. Enero - diciembre 2022, vol. 24, n.º 43. [Fecha de consulta: 27 de septiembre de 2022].

Disponible en <http://dx.doi.org/10.15517/iv.v24i43.48421>

ISSN: 2215-3705

CAPA, Karla. “Análisis del comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica abierta con la adición de fibras de acero”. Tesis (Para obtener el grado de Ingeniero Civil). Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2017. 102 pp.



CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS por Garnica Anguas Paul [et al]. Ciudad de México: Instituto mexicano del transporte, 267 (1):1-2, abril 2005. ISSN 0188-7297

CÁRDENAS, Jesús. Influencia del tráfico vehicular con respecto a las deflexiones de los pavimentos flexibles en zona urbana de la ciudad de Huancayo, Junín – 2017. Tesis (Para obtener el grado de Maestro en Ingeniería Vial, Mención en Carreteras, Puentes y Túneles). Lima: Universidad Ricardo Palma, 2018. 264 pp.

CARVAJAL, Maicol y CRUZ, Viviana. Análisis comprobatorio de la autorreparación de mezclas asfálticas en caliente modificada con filamentos de acero para agregados, caso: cantera de Pifo. Tesis (Título de Ingeniería Civil). Quito: Universidad Central del Ecuador, 2022. 494 pp.

CASTILLO, Edgar y MORENO, Nexar. Aplicación de Método Marshall en el Diseño de una mezcla asfáltica incorporando escoria de acero y caucho triturado. Tesis (Para obtener el grado de Ingeniero Civil). Piura: Universidad César Vallejo. 2021. 230 pp.

CHAVIN, Cesar y HONORES, Brigitte. Diseño óptimo del pavimento utilizando escoria de hornos eléctricos como mejoramiento de la subrasante en el Mercado La Perla-Chimbote. Tesis (Para obtener el grado de Ingeniero Civil). Chimbote: Universidad Nacional del Santa. 2021. 330 pp.

DELGADO, Horacio. Diseño de mezclas asfálticas densas en caliente en función del nivel de tránsito. Secretaría de Comunicaciones y Transporte, (602):1-45, 2020. ISSN: 0188-7297

DESARROLLO de una nueva mezcla asfáltica con propiedades de auto-reparación por Norambuena-Contreras Jose [en línea]. Chile: Congreso Ibero-Latinoamericano de Asfalto. [Fecha de consulta: 3 de octubre de 2022].

Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/332798124 Desarrollo de una nueva mezcla asfaltica con propiedades de auto-reparacion](https://www.researchgate.net/publication/332798124_Desarrollo_de_una_nuevamezcla_asfaltica_con_propiedades_de_auto-reparacion)

FIALLOS, Josué y UNDA, Luis. Análisis comparativo de propiedades y características mecánicas entre mezcla asfáltica en caliente “autorreparable” (con lana de acero) y mezcla asfáltica en caliente convencional. Tesis (Para obtener el grado de Ingeniero Civil). Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2018. 85 pp.

FLOR, Juliana. Diseño Marshall de una mezcla asfáltica con adiciones de fibras metálicas. Tesis (Título de Ingeniería Civil). Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2021. 108 pp.

FLUJO vehicular por unidades de peaje. [en línea]. Perú: Instituto Nacional de Estadística e Informática. (Junio, 2022). [Fecha de consulta: 16 de septiembre de 2022].

Disponible en <https://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/08-informe-tecnico-flujo-vehicular-jun-2022.pdf>

GAN, Youwei, LI, Chuangmin, KE, Wang, DENG, Qinhao y YU, Ting. *Study on pavement performance of steel slag asphalt mixture based on surface treatment*. [en línea]. 21 de mayo de 2021. [Fecha de consulta: 18 de octubre de 2022].

Disponible en <https://tinyurl.com/2dzhlgm>

GOLI, Ahmad. The study of the feasibility of using recycled steel slag aggregate in hot mix asphalt. [en línea]. 30 de agosto del 2022. [Fecha de consulta: 19 de octubre de 2022].

Disponible en <https://tinyurl.com/27b7sq2l>

IBERICO, Piero. Diseño de mezcla asfáltica en caliente mediante el ensayo marshall adicionando fibra de acero en la ciudad de Yurimaguas – 2019. Tesis (Título de Ingeniería Civil). Tarapoto: Universidad César Vallejo, 2019. 110 pp.

INFORME del sector automotor. [en línea]. Perú: Asociación Automotriz del Perú. (Setiembre, 2022). [Fecha de consulta: 16 de septiembre de 2022].

Disponible en: <https://aap.org.pe/estadisticas/informe-estadistico-automotor/iea-2022/>

LIU, Quantao, Bin, SCHLANGEN, Erik, SUN, Yihan y WU, Shaopeng. *Research on the Mechanical, Thermal, Induction Heating and Healing Properties of Steel Slag/Steel Fibers Composite Asphalt Mixture*. [en línea]. 20 de octubre del 2017. [Fecha de consulta: 4 de octubre de 2022].

Disponible en <https://tinyurl.com/2zcn22h4>

LIU, Wenhuan, LI, Hui, ZHU, Huimei, y XU, Pinjing. *Properties of a Steel Slag-Permeable Asphalt Mixture and the Reaction of the Steel Slag-Asphalt Interface*. [en línea]. 2 de noviembre de 2019. [Fecha de consulta: 16 de octubre de 2022].

Disponible en <https://tinyurl.com/2mbms5d9>

LLANOS, Lizinka. Mejoramiento de la capacidad portante del suelo adicionando 5% y 10% de escoria de acero, C.P “Cambio Puente” Chimbote- Ancash-2021. Tesis (Título de Ingeniería Civil). Chimbote: Universidad César Vallejo, 2021. 93 pp.

LUIS, Juan y SILVA, Debora. Escoria de acero y su influencia en las propiedades físico mecánicas de mezclas asfálticas en caliente. Tesis (Título de Ingeniería Civil). Trujillo: Universidad César Vallejo, 2022. 140 pp.

MARROQUIN, Jhonatan y QUINTERO, David. Comparar las propiedades mecánicas de un asfalto modificado con escoria de acero con las propiedades de un asfalto tradicional. Tesis (Título de Ingeniería Civil). Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2017. 85 pp.

MATTA, Nathaly y PULIDO, Sigifredo. Evaluación estructural del pavimento flexible de la Avenida Arica en el tramo jirón Camino Real - jirón Santa Lucia, P.J. Dos de mayo, distrito Chimbote, Ancash 2019. Tesis (Para obtener el grado de Ingeniero Civil). Chimbote: Universidad César Vallejo. 2019. 205 pp.

MINAYA, Silene y ORDOÑEZ, Abel. Ensayos para pavimentos. Universidad Nacional de Ingeniería. Diciembre del 2001, vol. I.

MONTEJO, Alfonso. Ingeniería de Pavimentos. 2.<sup>a</sup> ed. Colombia: Universidad Católica de Colombia, 2002. 733 pp. ISBN: 958-96036-2-9

MORCOTE, Carolina. Evaluación del desempeño mecánico de mezclas asfálticas con escorias de acero. Tesis (Título de Ingeniería Civil). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2019. 160 pp.

OLIVERA, Yamalit, GUEVARA, Sandro y MUÑOZ, Pedro. Revisión sistemática de la literatura sobre la mejora de las propiedades mecánicas del hormigón con fibras de origen artificial-natural. [en línea]. 2 de noviembre de 2019. [Fecha de consulta: 16 de octubre de 2022].

Disponible en <https://tinyurl.com/2d9lw2k5>

PANOS, Georgiou y Loizos, Andreas. Characterization of Sustainable Asphalt Mixtures Containing High Reclaimed Asphalt and Steel Slag. [en línea]. 30 de agosto del 2021. [Fecha de consulta: 18 de octubre de 2022].

Disponible en <https://tinyurl.com/2gwjzmv4>

PEREZ, King y SILVA, Estefani. Porcentajes de escoria de acero para el diseño de mezcla asfáltica en caliente de la carretera Huaraz - Carhuaz, Ancash. Tesis (Título de Ingeniería Civil). Trujillo: Universidad César Vallejo, 2019. 154 pp.

QUIPUSCO, Frank y VILLEGAS, Deiby. Efectos de sustituir agregado grueso convencional por siderúrgico en las propiedades físico-mecánicas de mezclas asfálticas en caliente. Tesis (Título de Ingeniería Civil). Pimentel: Universidad Señor de Sipán, 2019. 122 pp.

QUISPE, Edgar y TORRES, David. Diseño de mezcla asfáltica auto reparable mediante inducción de calor, para controlar fallas superficiales de tráfico pesado en vías metropolitanas de Lima. Tesis (Para obtener el grado de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. 2020. 70 pp.

RONDON, Hugo y REYES, Freddy. Pavimentos: materiales, construcción y diseño. 2.a ed. Bogotá: Ecoe Ediciones, 2022. 613 pp. ISBN: 978-958-503-114-2

SEGUNDO, Anderson y TESEN, Cinthia. Autorreparación bajo inducción de calor de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar fibras de acero y caucho, Chiclayo 2021. Tesis (Título de Ingeniería Civil). Chiclayo: Universidad César Vallejo, 2021. 146 pp.

SEGURA, Anlly. Estudio del comportamiento físico y mecánico de mezclas asfálticas; con materiales reutilizables en la construcción como escoria de acero. Tesis (Título de Ingeniería Civil). Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2017. 85 pp.

SHIHA, Mohamed, EL-BADAWY, Sherif y GABR, Alaa. *Modeling and performance evaluation of asphalt mixtures and aggregate bases containing steel slag*. [en línea]. 16 de marzo de 2020. [Fecha de consulta: 19 de octubre de 2022].

Disponible en <https://tinyurl.com/2aqrvyta>

USE of blast furnace slag and steel in asphalt mixtures: review por RONDON, Hugo, MUNIZ, Marcio y REYES, Fredy [en línea]. 4 de marzo del 2018. Medellín: Universidad de Medellín. [Fecha de consulta: 30 de septiembre de 2022].

Disponible en <https://doi.org/10.22395/rium.v17n33a4>

---

# **ANEXOS**

---

---

# **MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN**

---

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
<p>Variable Independiente Fibra de acero</p>	<p>Las fibras de acero trefilado se usan como refuerzo en la mezcla de concreto como también en pavimentos flexibles, ayudando principalmente a que la mezcla asfáltica sea uniforme, con una alta relación entre longitud/diámetro y proporcionando un alto beneficio en la mezcla con una mínima ración de fibra de acero. (Ibérico, 2019, p. 17)</p>	<p>Se realizará una mezcla asfáltica en caliente y se adicionará fibra de acero al 1%, 5% y 10%. Previo a ello se identificará la característica física (peso específico) de la fibra de acero a emplearse.</p>	<p>Dosificación</p>	<p>Con 0% de fibra de acero trefilado</p> <hr/> <p>Con 1% de fibra de acero trefilado</p> <hr/> <p>Con 5% de fibra de acero trefilado</p> <hr/> <p>Con 10% de fibra de acero trefilado</p>	<p>Razón</p>



Variable Dependiente Mezcla Asfáltica en caliente	La mezcla asfáltica es la composición de agregados finos y gruesos con asfalto, combinados a una elevada temperatura, cuyo diseño determina las propiedades físicas y eventualmente el desempeño del pavimento flexible. (Carvajal y Cruz, 2022, p. 25).	Se realizará una mezcla asfáltica en caliente con 5%, 5.5% y 6% de asfalto, mediante el ensayo Marshall, para determinar las propiedades físicas y mecánicas, y además de determinar la viabilidad económica.	Diseño de Mezcla	Con 5% de asfalto	Razón	
				Con 5.5% de asfalto		
				Con 6% de asfalto		
				Con 6.5% de asfalto		
	La estabilidad de Marshall muestra la capacidad de la mezcla asfáltica para resistir empujones y surcos. El flujo muestra la capacidad de la mezcla asfáltica para resistir el asentamiento gradual y la deformación sin agrietarse (Veropalumbo, Viscione, y			Propiedades físicas	Análisis granulométrico	Intervalo
					Abrasión de los Ángeles	
					Peso específico y absorción	
					Porcentajes de vacío	Intervalo
					Vacío Agregado	

	Formisano, 2018).			Mineral (V.A.M)		
				Vacíos llenos de asfalto		
			Propiedades mecánicas	Estabilidad		
				Flujo		
				Índice de Rigidez		
			Costo	Análisis de costos		Razón

---

# **MATRIZ DE CONSISTENCIA**

---

<b>Planteamiento del problema</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Variable e indicadores</b>	<b>Metodología</b>
<p><b>Interrogante principal</b> ¿Cuál es la influencia de la incorporación de fibras de acero en una mezcla asfáltica en caliente convencional?</p> <p><b>Interrogantes específicas</b> ¿Cuál es la dosificación de una mezcla asfáltica convencional y la influencia con la adición de 1%, 5% y 10% de fibra de acero? ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente</p>	<p><b>Hipótesis principal</b> La incorporación de fibras de acero al 1%, 5% y 10% mejoraría las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente.</p>	<p><b>Objetivo general</b> Diseñar una mezcla asfáltica en caliente con fibra de acero en la av. Camino real del distrito de Chimbote, Áncash.</p> <p><b>Objetivos específicos</b> Determinar la dosificación de una mezcla asfáltica convencional y la influencia con la adición de 1%, 5% y 10% de fibra de acero. Determinar las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla</p>	<p><b>Variable independiente</b> Diseño de mezcla en caliente</p> <p><b>Variable dependiente</b> Mezcla asfáltica en caliente con fibras de acero.</p>	<p><b>Población</b> Está compuesta por la totalidad de las briquetas de análisis de mezcla asfáltica en caliente, incluyendo las briquetas elaboradas con la mezcla convencional y con la mezcla modificada.</p> <p><b>Muestra</b> La muestra fue de 12 briquetas de mezcla asfáltica convencional a analizar mediante el Ensayo Marshall, con 5%, 5.5%, 6% y 6.5% de asfalto. De la mezcla</p>

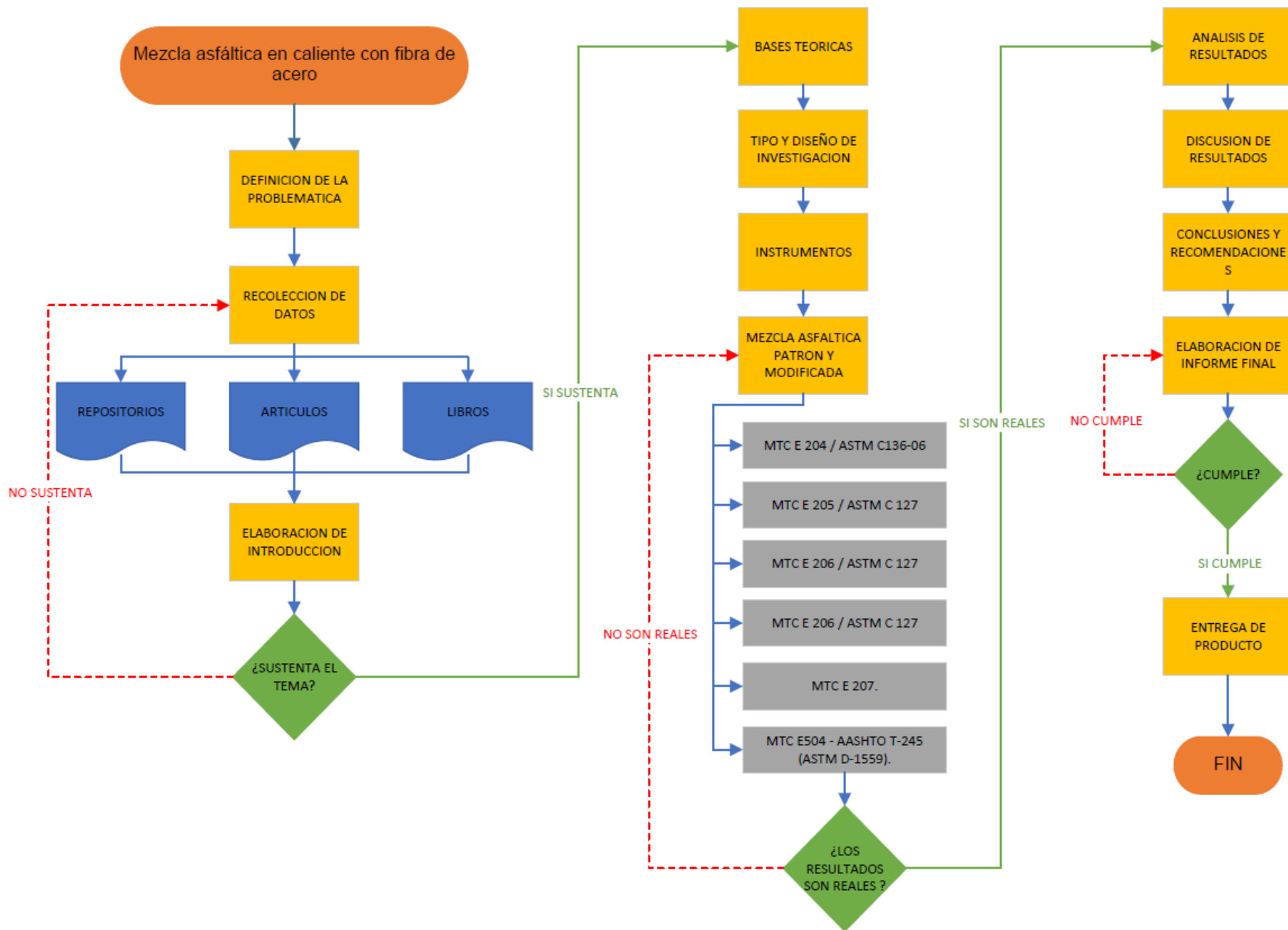
<p>convencional y de la mezcla asfáltica modificada?</p> <p>¿Cuál es el óptimo diseño de la mezcla asfáltica en caliente con la integración de fibra de acero?</p> <p>¿Cuál es el costo del diseño de una mezcla asfáltica en caliente con fibra de acero al 1%, 5% y 10%?</p>		<p>asfáltica en caliente convencional y de la mezcla asfáltica modificada.</p> <p>Determinar el diseño óptimo de una mezcla asfáltica en caliente con fibra de acero.</p> <p>Determinar el costo del diseño de una mezcla asfáltica en caliente con fibra de acero al 1%, 5% y 10%.</p>		<p>asfáltica modificada se ensayarán 3 briquetas con 1%, 5% y 10% de fibras de acero, con el porcentaje de asfalto óptimo que se obtenga inicialmente, sumando 9 briquetas, teniendo un total de 21 briquetas ensayadas.</p> <p><b>Tipo de investigación</b> Aplicada</p> <p><b>Diseño de investigación</b> Experimental</p> <p><b>Técnica</b> Se emplea la técnica de la observación</p>
--	--	---	--	---

				experimental  <b>Instrumentos</b> Fichas de recolección de datos.
--	--	--	--	--

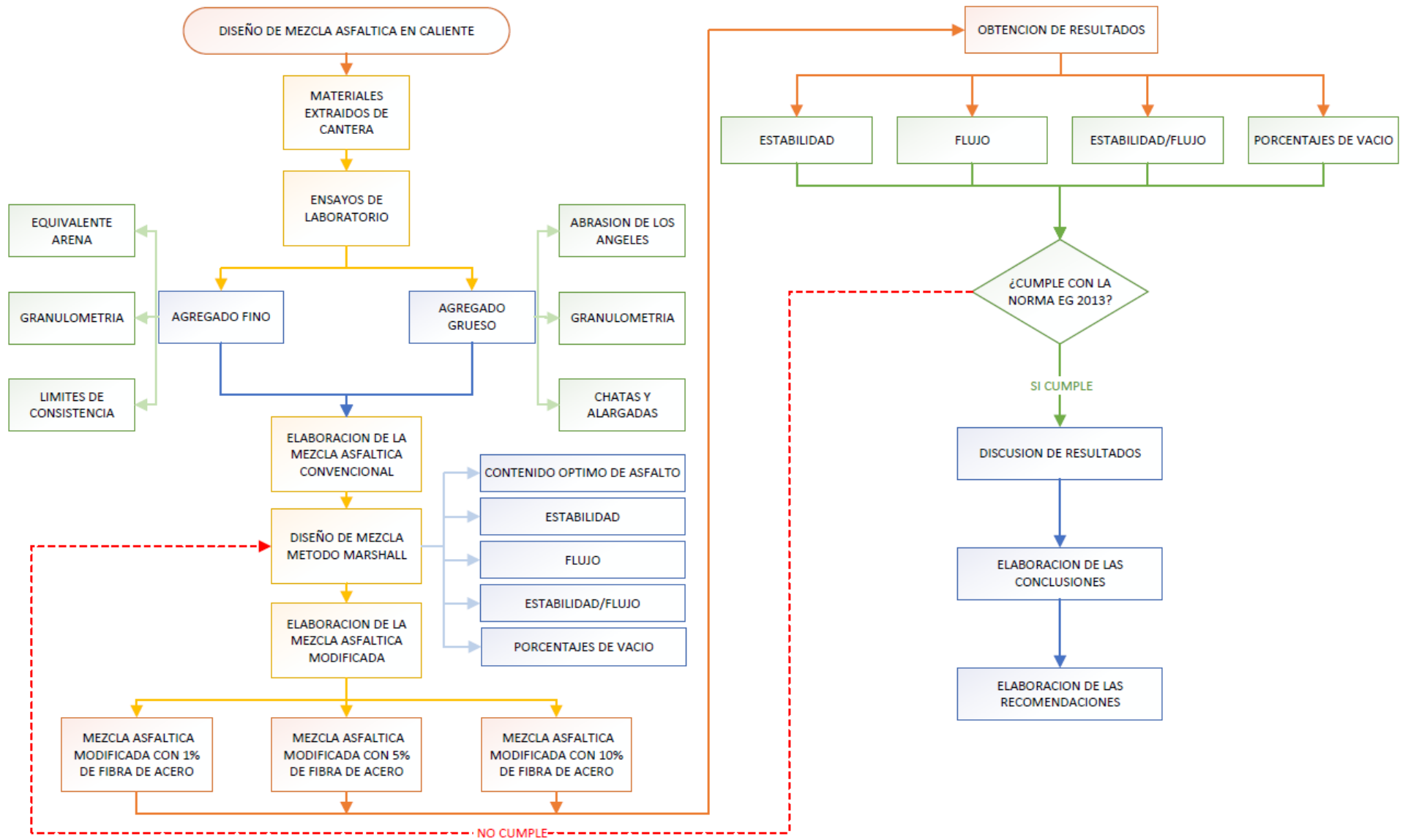
---

# DIAGRAMA DE FLUJO

---







---

# **PROCESOS DE DESARROLLO**

---

## 1. Identificación de problemática

Se identificó las patologías de la Av. Camino real, las cuales predominaba la piel de cocodrilo, ahuellamientos y huecos

## 2. Propuesta de diseño de mezcla asfáltica en caliente

Dado a conocer la problemática se propuso una alternativa de solución la cual sería incluir la fibra de acero en la mezcla asfáltica en caliente, definiéndose la inclusión de 1%, 5% y 10% de fibra de acero en sustitución del agregado fino.

## 3. Recolección de materiales

Los materiales fueron extraídos del almacén de la cantera Chero ubicada en la panamericana norte a la salida de Nuevo Chimbote.

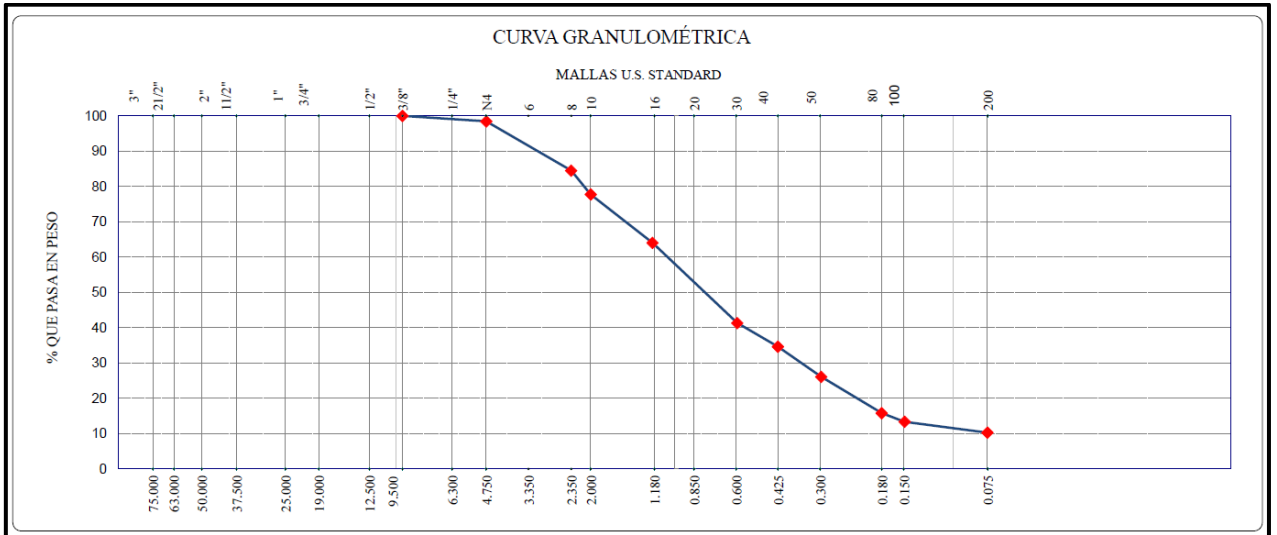
## 4. Procedimiento

**TABLA N° 1:**  
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO – AGREGADO FINO**

ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS (ASTM C-33, MTC E204, NTP-400-012)										
	M-01	M-02	AGREGADO FINO							
Peso Inicial Seco (gr)	2000.60	2001.50								
Peso Lavado y Seco (gr)	1798.60	1803.80								
ABERTURA (mm)	TAMIZ	CONTENIDO GRUESO M-1 (gr)	CONTENIDO GRUESO M-2 (gr)	RETENIDO PARCIAL M-1 (%)	RETENIDO PARCIAL M-2 (%)	RETENIDO ACUMULADO M-1 (%)	RETENIDO ACUMULADO M-2 (%)	% PASA M-1	% PASA M-2	% PASA (Promedio)
9.50	3/8"	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
4.75	N°04	33.3	28.6	1.66	1.43	1.66	1.43	98.34	98.57	98.45
2.35	N°08	284.5	274.3	14.22	13.70	15.89	15.13	84.11	84.87	84.49
2.00	N°10	103.6	166.8	5.18	8.33	21.06	23.47	78.94	76.53	77.73
1.20	N°16	289.3	258.6	14.46	12.92	35.52	36.39	64.48	63.61	64.04
0.60	N°30	416.5	493.2	20.82	24.64	56.34	61.03	43.66	38.97	41.31
0.43	N°40	125.1	142.9	6.25	7.14	62.60	68.17	37.40	31.83	34.62
0.30	N°50	195.6	146.3	9.78	7.31	72.37	75.48	27.63	24.52	26.07
0.18	N°80	213.7	198.7	10.68	9.93	83.06	85.41	16.94	14.59	15.77
0.15	N°100	58.1	39.7	2.90	1.98	85.96	87.39	14.04	12.61	13.33
0.075	N°200	68.9	54.7	3.44	2.73	89.40	90.12	10.60	9.88	10.24
	FONDO	212.0	197.7	10.60	9.88	100.00	100.00			

Fuente: Laboratorio KAE Ingeniería

**FIGURA N° 1:  
CURVA GRANULOMÉTRICA – AGREGADO FINO**



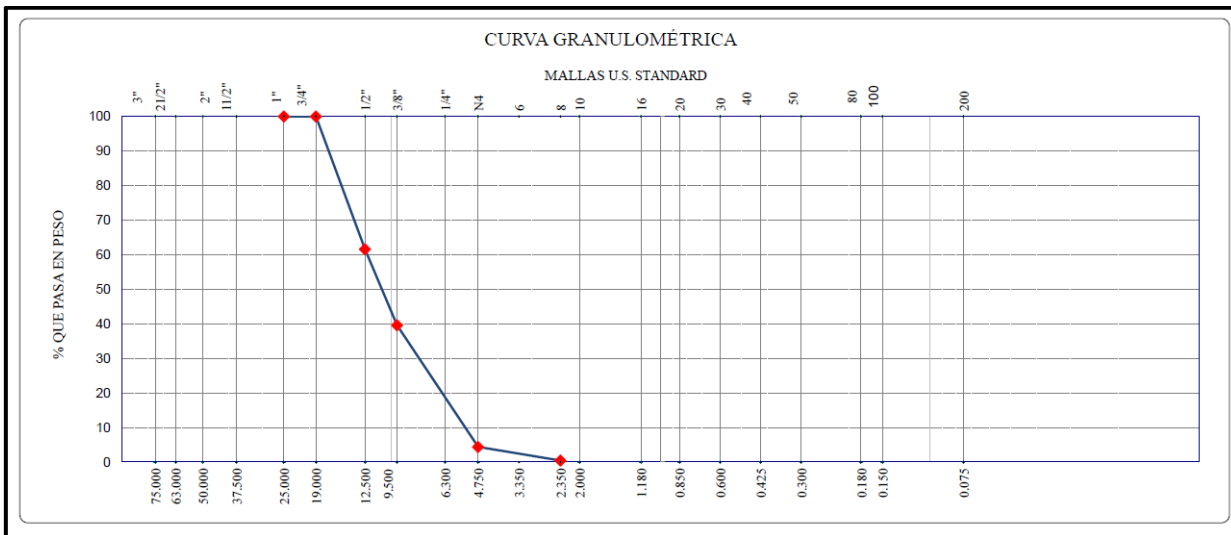
Fuente: Laboratorio KAE Ingeniería

**TABLA N° 2:  
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO – AGREGADO GRUESO**

ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS (ASTM C-33, MTC E204, NTP-400-012)										
	M-01	M-02	AGREGADO GRUESO							
Peso Inicial Seco (gr)	4000.50	4250.80								
Peso Lavado y Seco (gr)	3988.60	4227.20								
ABERTURA (mm)	TAMIZ	CONTENIDO GRUESO M-1 (gr)	CONTENIDO GRUESO M-2 (gr)	RETENIDO PARCIAL M-1 (%)	RETENIDO PARCIAL M-2 (%)	RETENIDO ACUMULADO M-1 (%)	RETENIDO ACUMULADO M-2 (%)	% PASA M-1	% PASA M-2	% PASA (Promedio)
25.00	1"	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
19.00	3/4"	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
12.50	1/2"	1563.7	1602.1	39.09	37.69	39.09	37.69	60.91	62.31	61.61
9.50	3/8"	941.2	872.3	23.53	20.52	62.61	58.21	37.39	41.79	39.59
4.75	N°04	1382.8	1524.1	34.57	35.85	97.18	94.06	2.82	5.94	4.38
2.35	N°08	100.9	228.7	2.52	5.38	99.70	99.44	0.30	0.56	0.43
	FONDO	11.9	23.6	0.30	0.56	100.00	100.00			

Fuente: Laboratorio KAE Ingeniería

**FIGURA Nº 2:**  
**CURVA GRANULOMÉTRICA – AGREGADO GRUESO**



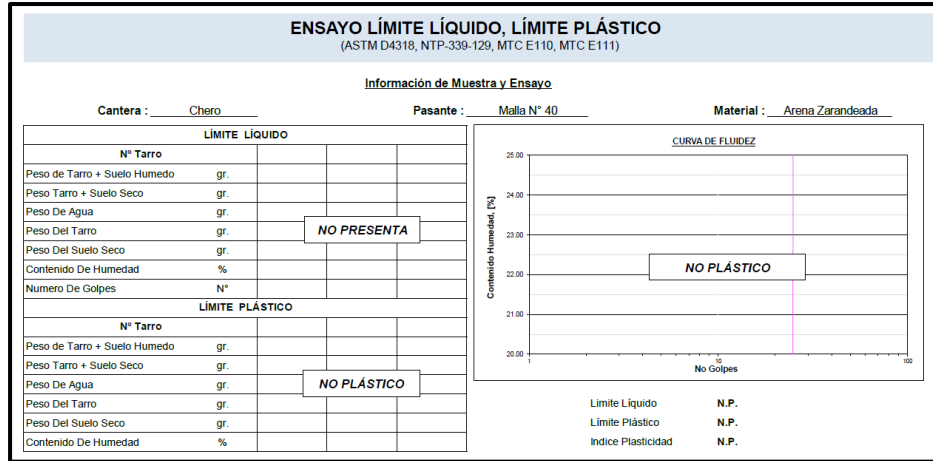
Fuente: Laboratorio KAE Ingeniería

**TABLA Nº 3:**  
**ABRASIÓN DE LOS ÁNGELES – AGREGADO GRUESO**

<b>ABRASIÓN LOS ÁNGELES</b> ( ASTM C-535 , MTC E207 )		
<b>Información de Muestra y Ensayo</b>		
Material : <u>Piedra Chancada</u>	Gradación : <u>"B"</u>	
Cantera : <u>Chero</u>	Nº Revoluciones : <u>500</u>	
	Nº Esferas : <u>11</u>	
Peso inicial	gr	5000.20
Peso final retenido en el tamiz Nº12	gr	4389.7
Coefficiente de desgaste	%	12.21%
<b>Porcentaje de Desgaste</b>		<b>12%</b>

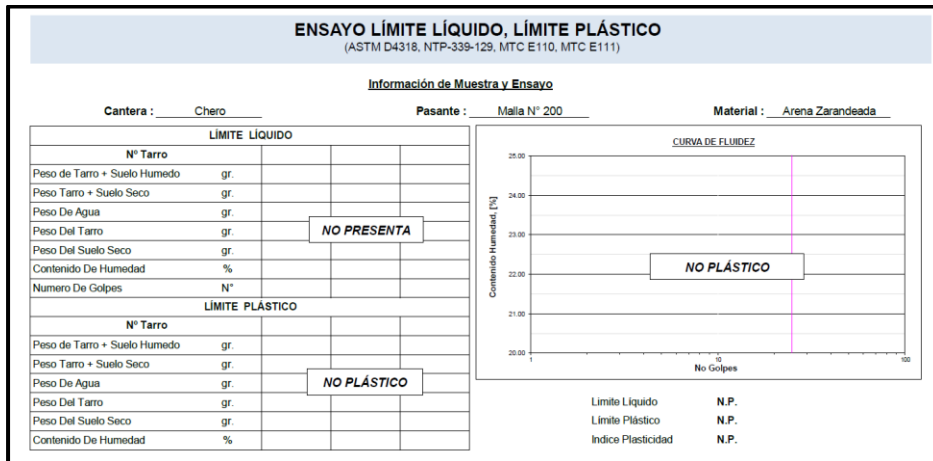
Fuente: Laboratorio KAE Ingeniería

**TABLA N° 4:**  
**LIMITE DE CONSISTENCIA N° 40 - AGREGADO FINO**



Fuente: Laboratorio KAE Ingeniería

**TABLA N° 5:**  
**LIMITE DE CONSISTENCIA N° 200 - AGREGADO FINO**



Fuente: Laboratorio KAE Ingeniería

**TABLA N° 6:**  
**EQUIVALENTE ARENA - AGREGADO FINO**

<b>VALOR EQUIVALENTE DE ARENA</b> ( ASTM D-2419 , MTC E114 )			
<u>Información de Muestra y Ensayo</u>			
Material : <u>A. Zarandeada</u>	N° Oscilaciones : <u>90</u> ciclos		
Cantera : <u>Chero</u>	Método : <u>Agitación Manual</u>		
Determinación N°	1	2	3
Saturación Inicial	9:45 AM	9:47 AM	9:49 AM
Saturación Final	9:55 AM	9:57 AM	9:59 AM
Prueba de ensayo inicial	9:57 AM	9:59 AM	10:01 AM
Prueba de ensayo final	10:17 AM	10:19 AM	10:21 AM
Lectura - Arcilla retenida      pulg.	4.5	4.7	4.3
Lectura - Arena retenida      pulg.	3.5	3.0	3.1
Equivalencia de arena      %	<b>78</b>	<b>64</b>	<b>72</b>
Equivalencia de arena promedio      %	71.3		
<b>EA =</b>			<b>72%</b>

Fuente: Laboratorio KAE Ingeniería

**TABLA N° 7:**

**PESO ESPECÍFICO - AGREGADO FINO**

<b>ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO</b> MTC E205			
<u>Información de Muestra y Ensayo</u>			
Cantera : <u>Chero</u>	Material : <u>Arena Zarandeada</u>		
	Muestra N°01	Muestra N°02	Promedio
Peso en el aire de la muestra secada en horno	495.20	495.40	495
Peso de la fiola llena de agua a la marca de calibración	667.70	667.70	668
Peso de la fiola con la muestra y el agua	969.50	970.60	970
P. Especifico Bulk	2.498	2.513	2.506
P. Especifico de Masa	2.523	2.537	2.530
P. Especifico Aparente	2.560	2.574	2.567
Absorción	0.97	0.93	0.95

Fuente: Laboratorio KAE Ingeniería

**TABLA N° 8:**  
**PESO ESPECÍFICO - AGREGADO GRUESO**

ENSAYO PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO						
MTC E206						
<u>Información de Muestra y Ensayo</u>						
Cantera :	Chero	Material :	Piedra Chancada			
			<b>Muestra N°01</b>	<b>Muestra N°02</b>	<b>Promedio</b>	
Peso en el aire de la muestra secada en horno			3237	3180	3208	gr.
Peso de muestra saturada superficialmente seca en el aire			3250	3193	3222	gr.
Peso de la muestra en agua			2065	2025	2045	gr.
P. Especifico Bulk	$P_{e_{ss}}$		2.741	2.734	2.737	gr/cm <sup>3</sup>
P. Especifico de Masa	$P_{e_m}$		2.729	2.723	2.726	gr/cm <sup>3</sup>
P. Especifico Aparente	$P_{e_a}$		2.762	2.753	2.757	gr/cm <sup>3</sup>
Absorción	Ab		0.43	0.39	0.41	%

Fuente: Laboratorio KAE Ingeniería

a. Mezcla asfáltica convencional

i. Elaboración de briquetas

Para empezar la elaboración de las mezclas asfálticas primero se tiene que pesar 5 kilos de agregado grueso y 5 kilos de agregado fino; luego de ello, ambos agregados y el asfalto se ponen a calentar en la cocina hasta una temperatura de 130°C aproximadamente.

**Imagen N° 1:** Calentado de material en cocina



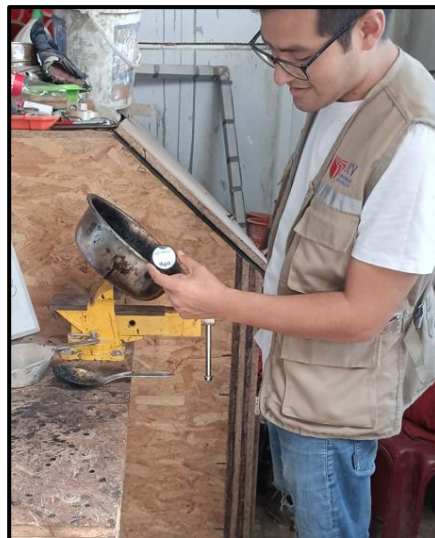


Una vez caliente, se procede a integrar los agregados de acuerdo a la dosificación determinada, seguidamente se mezcla y se controla la temperatura que este entre 130°C - 135°C.

**Imagen N° 2: Mezcla asfáltica convencional**



**Imagen N° 3: Control de temperatura**



Luego del control de temperatura se procede al llenado, chuceado y compactado de la mezcla asfáltica en el molde.

**Imagen N° 4:** Llenado de mezcla asfáltica convencional



**Imagen N° 5:** Compactación de mezcla asfáltica convencional



- ii. Características físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica convencional.

**TABLA N° 9 :**  
**PESO ESPECÍFICO - AGREGADO GRUESO**

FORMATO DE ENSAYO MARSHALL																																
MTC E-504 ASTM D-1559																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">PORCENTAJES DE DISEÑO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Piedra Chancada</td> <td>42.0%</td> </tr> <tr> <td>Arena Chancada</td> <td>0.0%</td> </tr> <tr> <td>Arena Zarandeada</td> <td>58.0%</td> </tr> <tr> <td>Filler</td> <td>0.0%</td> </tr> <tr> <td>Σ Suma</td> <td>100.0%</td> </tr> <tr> <td>C.A. (PEN)</td> <td>60-70</td> </tr> </tbody> </table>		PORCENTAJES DE DISEÑO		Piedra Chancada	42.0%	Arena Chancada	0.0%	Arena Zarandeada	58.0%	Filler	0.0%	Σ Suma	100.0%	C.A. (PEN)	60-70	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Lectura dial</th> <th>Lectura calibración</th> <th>Flujo (0,01 mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1005.6</td> <td>1005.61</td> <td>302.5</td> </tr> <tr> <td>986.5</td> <td>986.51</td> <td>335.2</td> </tr> <tr> <td>1024.8</td> <td>1024.81</td> <td>299.7</td> </tr> </tbody> </table>		Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0,01 mm)	1005.6	1005.61	302.5	986.5	986.51	335.2	1024.8	1024.81	299.7			
PORCENTAJES DE DISEÑO																																
Piedra Chancada	42.0%																															
Arena Chancada	0.0%																															
Arena Zarandeada	58.0%																															
Filler	0.0%																															
Σ Suma	100.0%																															
C.A. (PEN)	60-70																															
Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0,01 mm)																														
1005.6	1005.61	302.5																														
986.5	986.51	335.2																														
1024.8	1024.81	299.7																														
Número de Probetas	N°	1	2	3	4	Promedio																										
1	% C.A. en peso de la Mezcla	4.50	4.50	4.50																												
2	% de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	40.11	40.11	40.11																												
3	% de Arena Chancada en peso de la Mezcla	0.00	0.00	0.00																												
4	% de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	55.39	55.39	55.39																												
5	% de Arena Fina en peso de la Mezcla																															
6	% de Filler en Peso de la Mezcla																															
7	Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc. 1.026	1.026	1.026																												
8	Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/cc. 2.737	2.737	2.737																												
9	Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/cc. 0.000	0.000	0.000																												
10	Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/cc. 2.506	2.506	2.506																												
11	Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/cc.																														
12	Peso Especifico del filler-Aparente	gr/cc.																														
13	Altura Promedio de la Probeta	cm. 6.49	6.38	6.45		6.44																										
14	Peso de la briqueta en el Aire	gr. 1229.3	1230.0	1227.5																												
15	Peso de la briqueta Saturada	gr. 1232.1	1234.5	1231.1																												
16	Peso de la briqueta en el Agua	gr. 714.0	712.0	711.0																												
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c. 518.1	522.5	520.1		520.2																										
18	Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/cc. 2.373	2.354	2.380		2.362																										
19	Peso Especifico Máximo (Rice) ASTM D-2041	gr/cc. 2.499	2.499	2.499																												
20	Peso Especifico Máximo (Teórico)	gr/cc. 2.431	2.431	2.431																												
21	% de Vacios	100*((19-18)/19)	5.1	5.8	5.6	5.5																										
22	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc. 2.598	2.598	2.598																												
23	% V.M.A. Vacios del Agregado Mineral	100-(2+3+4+5+6)*18/22	12.8	13.5	13.2	13.2																										
24	% vacios llenados con C.A.	100*((23-21)/23)	80.4	86.8	87.9	88.4																										
25	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc. 2.681	2.681	2.681																												
26	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total	(100*7)*((26-22)/(25*22))	1.22	1.22	1.22																											
27	% de Asfalto Efectivo (1-26)		3.28	3.28	3.28																											
28	Flujo	cm. 0.30	0.34	0.30		0.31																										
29	Estabilidad sin corregir		1006	987	1025																											
30	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00																											
31	Estabilidad corregida (27*28)	kg.	1006	987	1025	1006																										
32	Factor de Rigidez (29/26)	kg/cm.	3324	2943	3419	3218																										
	Número de Golpes por Capa		50	50	50																											

Fuente: Laboratorio KAE Ingeniería

**TABLA N° 10:**  
**ENSAYO MARSHALL CON 5% DE ASFALTO**

<b>FORMATO DE ENSAYO MARSHALL</b>						
<b>MTC E-504 ASTM D-1559</b>						
<b>PORCENTAJES DE DISEÑO</b>						
Piedra Chancada	42.0%					
Arena Chancada	0.0%					
Arena Zarandeada	58.0%					
Filler	0.0%					
Σ Suma	100.0%					
C.A. (PEN)	60-70					
		<b>Lectura dial</b>	<b>Lectura calibración</b>	<b>Flujo (0,01 mm)</b>		
		948.8	948.81	368.0		
		1265.8	1265.81	364.2		
		1218.9	1218.91	307.8		
<b>Número de Probetas</b>	<b>N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>Promedio</b>
1	% C.A. en peso de la Mezcla	5.00	5.00	5.00		
2	% de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	39.90	39.90	39.90		
3	% de Arena Chancada en peso de la Mezcla	0.00	0.00	0.00		
4	% de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	55.10	55.10	55.10		
5	% de Arena Fina en peso de la Mezcla					
6	% de Filler en Peso de la Mezcla					
7	Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/oc. 1.026	1.026	1.026		
8	Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/oc. 2.737	2.737	2.737		
9	Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/oc. 0.000	0.000	0.000		
10	Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/oc. 2.506	2.506	2.506		
11	Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/oc.				
12	Peso Especifico del filler-Aparente	gr/oc.				
13	Altura Promedio de la Probeta	cm. 6.50	6.43	6.36		6.43
14	Peso de la briqueta en el Aire	gr. 1223.0	1230.0	1225.0		
15	Peso de la briqueta Saturada	gr. 1227.0	1233.0	1233.0		
16	Peso de la briqueta en el Agua	gr. 711.0	712.0	712.0		
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c. 516.0	521.0	521.0		519.3
18	Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/oc. 2.370	2.361	2.351		2.361
19	Peso Especifico Máximo (Rice) ASTM D-2041	gr/oc. 2.480	2.480	2.480		
20	Peso Especifico Máximo (Teórico) $100((1/7+2/8+3/9+4/10+5/11+6/12))$	gr/oc. 2.413	2.413	2.413		
21	% de Vacios $100((19-18)/19)$	%	4.4	4.8	5.2	4.8
22	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3+4+5+6)/((2/8+3/9+4/10+5/11+6/12))$	gr/oc. 2.598	2.598	2.598		
23	% V.M.A. Vacios del Agregado Mineral $100-(2+3+4+5+6)*18/22$	%	13.3	13.7	14.0	13.7
24	% vacios llenados con C.A. $100*((23-21)/23)$	%	66.8	64.8	63.0	64.9
25	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total $(2+3+4+5+6)/((100/19 - 1/7))$	gr/oc. 2.680	2.680	2.680		
26	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total $(100*7)/((25-22)/(25*22))$	%	1.21	1.21	1.21	
27	% de Asfalto Efectivo (1-26)	%	3.79	3.79	3.79	
28	Flujo	cm. 0.37	0.36	0.31		0.35
29	Estabilidad sin corregir	949	1266	1219		
30	Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.00		
31	Estabilidad corregida (27*28)	kg. 949	1266	1219		1145
32	Factor de Rigidez (29/26)	kg/cm. 2578	3476	3960		3301
	Número de Golpes por Capa	50	50	50		

Fuente: Laboratorio KAE Ingeniería

**TABLA Nº 11:**  
**ENSAYO MARSHALL CON 5.5% DE ASFALTO**

<b>FORMATO DE ENSAYO MARSHALL</b>						
<b>MTC E-504 ASTM D-1559</b>						
<b>PORCENTAJES DE DISEÑO</b>						
Piedra Chancada	42.0%					
Arena Chancada	0.0%					
Arena Zarandeada	58.0%					
Filler	0.0%					
Σ Suma	100.0%					
C.A. (PEN)	60-70					
		<b>Lectura dial</b>	<b>Lectura calibración</b>	<b>Flujo (0,01 mm)</b>		
		1207.5	1207.51	354.3		
		1246.3	1246.31	375.4		
		1272.8	1272.81	387.6		
<b>Número de Probetas</b>	<b>Nº</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>Promedio</b>
1	% C.A. en peso de la Mezcla	5.50	5.50	5.50		
2	% de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	39.69	39.69	39.69		
3	% de Arena Chancada en peso de la Mezcla	0.00	0.00	0.00		
4	% de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	54.81	54.81	54.81		
5	% de Arena Fina en peso de la Mezcla					
6	% de Filler en Peso de la Mezcla					
7	Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/oc. 1.026	1.026	1.026		
8	Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/oc. 2.737	2.737	2.737		
9	Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/oc. 0.000	0.000	0.000		
10	Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/oc. 2.506	2.506	2.506		
11	Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/oc.				
12	Peso Especifico del filler-Aparente	gr/oc.				
13	Altura Promedio de la Probeta	cm. 6.36	6.53	6.48		6.46
14	Peso de la briqueta en el Aire	gr. 1225.0	1228.0	1231.0		
15	Peso de la briqueta Saturada	gr. 1229.0	1233.0	1236.0		
16	Peso de la briqueta en el Agua	gr. 714.0	715.0	713.0		
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c. 515.0	518.0	523.0		518.7
18	Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/oc. 2.379	2.371	2.354		2.368
19	Peso Especifico Máximo (Ricoe) ASTM D-2041	gr/oc. 2.461	2.461	2.461		
20	Peso Especifico Máximo (Teórico)	100*((1/7+2/8+3/9+4/10+5/11+6/12)	gr/oc. 2.396	2.396	2.396	
21	% de Vacios	100*((16-18)/19)	%	3.3	3.7	4.3
22	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	(2+3+4+5+6)/((2/8+3/9+4/10+5/11+6/12)	gr/oc. 2.598	2.598	2.598	
23	% V.M.A. Vacios del Agregado Mineral	100-(2+3+4+5+6)*18/22	%	13.5	13.8	14.4
24	% vacios llenados con C.A.	100*((23-21)/23)	%	75.3	73.5	69.8
25	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	(2+3+4+5+6)/((100/19 -1/7))	gr/oc. 2.679	2.679	2.679	
26	C.A. Absorvido por el Peso del Agregado Total	(100*7)/((25-22)*(25*22)	%	1.19	1.19	1.19
27	% de Asfalto Efectivo (1-26)	%	4.31	4.31	4.31	
28	Flujo	cm. 0.35	0.38	0.39		0.37
29	Estabilidad sin corregir		1208	1246	1273	
30	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	0.96	
31	Estabilidad corregida (27*28)	kg.	1208	1246	1222	1225
32	Factor de Rigidez (29/26)	kg/cm.	3408	3320	3152	3290
	Número de Golpes por Capa		50	50	50	

Fuente: Laboratorio KAE Ingeniería

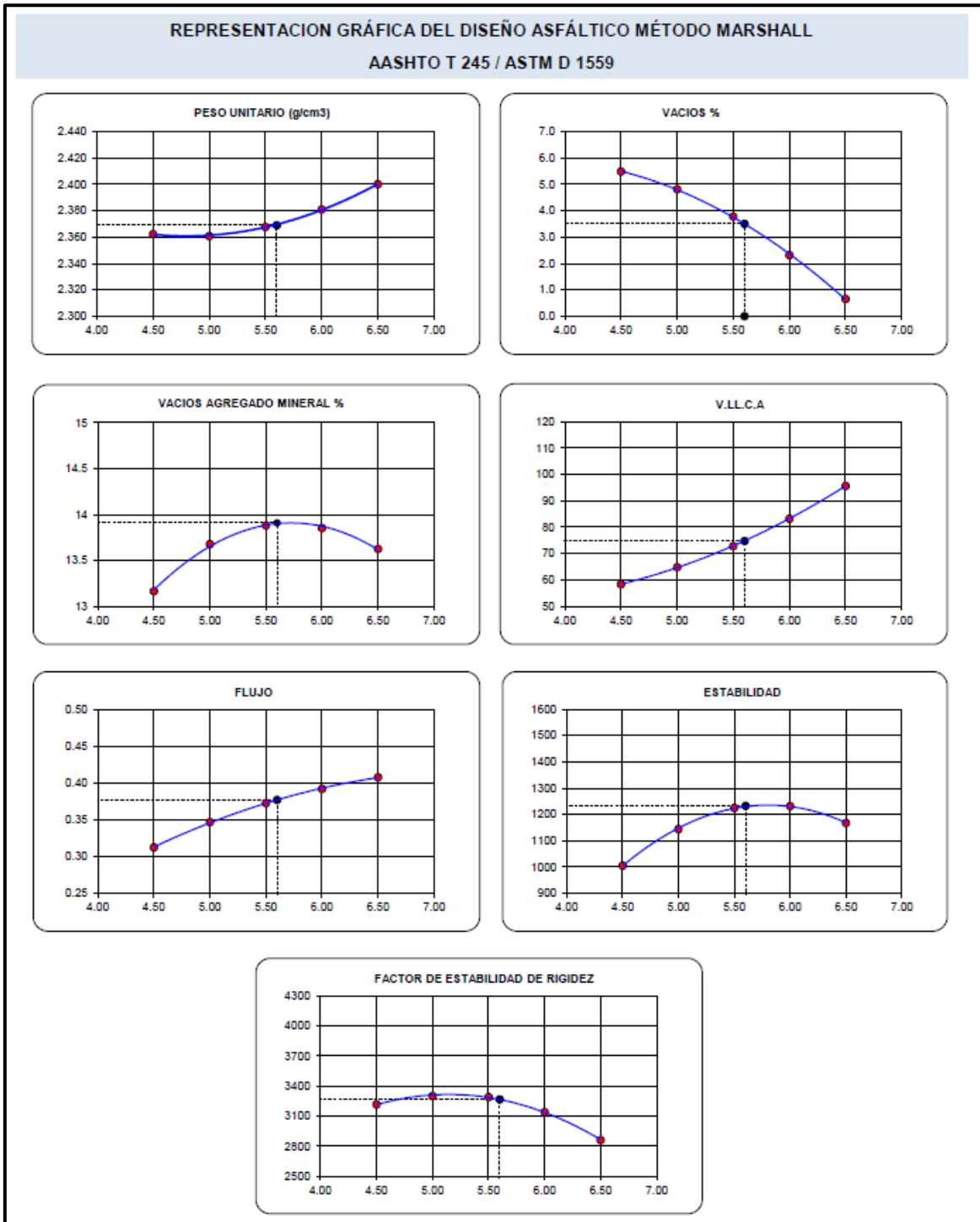


**TABLA N° 13 :  
ENSAYO MARSHALL CON 6.5% DE ASFALTO**

<b>FORMATO DE ENSAYO MARSHALL</b>																																																																																																																																																																																																																																																			
<b>MTC E-504 ASTM D-1559</b>																																																																																																																																																																																																																																																			
<b>PORCENTAJES DE DISEÑO</b>																																																																																																																																																																																																																																																			
Piedra Chancada	42.0%		<b>Lectura dial</b>	<b>Lectura calibración</b>	<b>Flujo (0,01 mm)</b>																																																																																																																																																																																																																																														
Arena Chancada	0.0%		1179.9	1179.91	420.6																																																																																																																																																																																																																																														
Arena Zarandeada	58.0%		1256.8	1256.81	412.8																																																																																																																																																																																																																																														
Filler	0.0%		1024.9	1024.91	389.7																																																																																																																																																																																																																																														
Σ Suma	100.0%																																																																																																																																																																																																																																																		
C.A. (PEN)	60-70																																																																																																																																																																																																																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">Número de Probetas</th> <th style="width: 5%;">N°</th> <th style="width: 15%;">1</th> <th style="width: 15%;">2</th> <th style="width: 15%;">3</th> <th style="width: 15%;">4</th> <th style="width: 10%;">Promedio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>% C.A. en peso de la Mezcla</td><td>%</td><td>6.50</td><td>6.50</td><td>6.50</td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>% de Piedra chancada en Peso de la Mezcla</td><td>%</td><td>39.27</td><td>39.27</td><td>39.27</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>% de Arena Chancada en peso de la Mezcla</td><td>%</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>% de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla</td><td>%</td><td>54.23</td><td>54.23</td><td>54.23</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>% de Arena Fina en peso de la Mezcla</td><td>%</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>% de Filler en Peso de la Mezcla</td><td>%</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>Peso Especifico Aparente de C.A.</td><td>gr/oc.</td><td>1.026</td><td>1.026</td><td>1.026</td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td>Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk</td><td>gr/oc.</td><td>2.737</td><td>2.737</td><td>2.737</td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td>Peso Especifico Arena Chancada-Bulk</td><td>gr/oc.</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td>Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk</td><td>gr/oc.</td><td>2.506</td><td>2.506</td><td>2.506</td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td>Peso Especifico Arena Fina -Bulk</td><td>gr/oc.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td>Peso Especifico del filler-Aparente</td><td>gr/oc.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td>Altura Promedio de la Probeta</td><td>cm.</td><td>6.64</td><td>6.51</td><td>6.56</td><td>6.57</td></tr> <tr><td>14</td><td>Peso de la briqueta en el Aire</td><td>gr.</td><td>1233.0</td><td>1229.0</td><td>1207.0</td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td>Peso de la briqueta Saturada</td><td>gr.</td><td>1235.0</td><td>1231.0</td><td>1213.0</td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td>Peso de la briqueta en el Agua</td><td>gr.</td><td>718.0</td><td>715.0</td><td>717.0</td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td>Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)</td><td>c.c.</td><td>517.0</td><td>516.0</td><td>496.0</td><td>509.7</td></tr> <tr><td>18</td><td>Peso Especifico de la Probeta (14/17)</td><td>gr/oc.</td><td>2.385</td><td>2.382</td><td>2.433</td><td>2.400</td></tr> <tr><td>19</td><td>Peso Especifico Máximo (Riote) ASTM D-2041</td><td>gr/oc.</td><td>2.416</td><td>2.416</td><td>2.416</td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td>Peso Especifico Máximo (Teórico) <math>100/(1/7+2/8+3/9+4/10+5/11+6/12)</math></td><td>gr/oc.</td><td>2.363</td><td>2.363</td><td>2.363</td><td></td></tr> <tr><td>21</td><td>% de Vacios <math>100*((19-18)/19)</math></td><td>%</td><td>1.3</td><td>1.4</td><td>-0.7</td><td>0.7</td></tr> <tr><td>22</td><td>Peso Especifico Bulk del Agregado Total <math>(2+3+4+5+6)/((2/8+3/9+4/10+5/11+6/12)</math></td><td>gr/oc.</td><td>2.598</td><td>2.598</td><td>2.598</td><td></td></tr> <tr><td>23</td><td>% V.M.A. Vacios del Agregado Mineral <math>100-(2+3+4+5+6)*18/22</math></td><td>%</td><td>14.2</td><td>14.3</td><td>12.4</td><td>13.6</td></tr> <tr><td>24</td><td>% vacios llenados con C.A. <math>100*((23-21)/23)</math></td><td>%</td><td>91.0</td><td>90.1</td><td>105.9</td><td>95.7</td></tr> <tr><td>25</td><td>Peso Especifico Efectivo del Agregado Total <math>(2+3+4+5+6)/((100/19 - 1/7))</math></td><td>gr/oc.</td><td>2.667</td><td>2.667</td><td>2.667</td><td></td></tr> <tr><td>26</td><td>C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total <math>(100*7)/((25-22)*(25*22)</math></td><td>%</td><td>1.02</td><td>1.02</td><td>1.02</td><td></td></tr> <tr><td>27</td><td>% de Asfalto Efectivo (1-26)</td><td>%</td><td>5.48</td><td>5.48</td><td>5.48</td><td></td></tr> <tr><td>28</td><td>Flujo</td><td>cm.</td><td>0.42</td><td>0.41</td><td>0.39</td><td>0.41</td></tr> <tr><td>29</td><td>Estabilidad sin corregir</td><td></td><td>1180</td><td>1257</td><td>1025</td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td>Factor de Estabilidad</td><td></td><td>1.00</td><td>1.00</td><td>1.04</td><td></td></tr> <tr><td>31</td><td>Estabilidad corregida (27*28)</td><td>kg.</td><td>1180</td><td>1257</td><td>1066</td><td>1168</td></tr> <tr><td>32</td><td>Factor de Rigidez (29/26)</td><td>kg/cm.</td><td>2805</td><td>3045</td><td>2735</td><td>2864</td></tr> <tr><td></td><td>Número de Golpes por Capa</td><td></td><td>50</td><td>50</td><td>50</td><td></td></tr> </tbody> </table>						Número de Probetas	N°	1	2	3	4	Promedio	1	% C.A. en peso de la Mezcla	%	6.50	6.50	6.50		2	% de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	39.27	39.27	39.27		3	% de Arena Chancada en peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		4	% de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	%	54.23	54.23	54.23		5	% de Arena Fina en peso de la Mezcla	%					6	% de Filler en Peso de la Mezcla	%					7	Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/oc.	1.026	1.026	1.026		8	Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/oc.	2.737	2.737	2.737		9	Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/oc.	0.000	0.000	0.000		10	Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/oc.	2.506	2.506	2.506		11	Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/oc.					12	Peso Especifico del filler-Aparente	gr/oc.					13	Altura Promedio de la Probeta	cm.	6.64	6.51	6.56	6.57	14	Peso de la briqueta en el Aire	gr.	1233.0	1229.0	1207.0		15	Peso de la briqueta Saturada	gr.	1235.0	1231.0	1213.0		16	Peso de la briqueta en el Agua	gr.	718.0	715.0	717.0		17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c.	517.0	516.0	496.0	509.7	18	Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/oc.	2.385	2.382	2.433	2.400	19	Peso Especifico Máximo (Riote) ASTM D-2041	gr/oc.	2.416	2.416	2.416		20	Peso Especifico Máximo (Teórico) $100/(1/7+2/8+3/9+4/10+5/11+6/12)$	gr/oc.	2.363	2.363	2.363		21	% de Vacios $100*((19-18)/19)$	%	1.3	1.4	-0.7	0.7	22	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3+4+5+6)/((2/8+3/9+4/10+5/11+6/12)$	gr/oc.	2.598	2.598	2.598		23	% V.M.A. Vacios del Agregado Mineral $100-(2+3+4+5+6)*18/22$	%	14.2	14.3	12.4	13.6	24	% vacios llenados con C.A. $100*((23-21)/23)$	%	91.0	90.1	105.9	95.7	25	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total $(2+3+4+5+6)/((100/19 - 1/7))$	gr/oc.	2.667	2.667	2.667		26	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total $(100*7)/((25-22)*(25*22)$	%	1.02	1.02	1.02		27	% de Asfalto Efectivo (1-26)	%	5.48	5.48	5.48		28	Flujo	cm.	0.42	0.41	0.39	0.41	29	Estabilidad sin corregir		1180	1257	1025		30	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.04		31	Estabilidad corregida (27*28)	kg.	1180	1257	1066	1168	32	Factor de Rigidez (29/26)	kg/cm.	2805	3045	2735	2864		Número de Golpes por Capa		50	50	50	
Número de Probetas	N°	1	2	3	4	Promedio																																																																																																																																																																																																																																													
1	% C.A. en peso de la Mezcla	%	6.50	6.50	6.50																																																																																																																																																																																																																																														
2	% de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	39.27	39.27	39.27																																																																																																																																																																																																																																														
3	% de Arena Chancada en peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																														
4	% de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	%	54.23	54.23	54.23																																																																																																																																																																																																																																														
5	% de Arena Fina en peso de la Mezcla	%																																																																																																																																																																																																																																																	
6	% de Filler en Peso de la Mezcla	%																																																																																																																																																																																																																																																	
7	Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/oc.	1.026	1.026	1.026																																																																																																																																																																																																																																														
8	Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/oc.	2.737	2.737	2.737																																																																																																																																																																																																																																														
9	Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/oc.	0.000	0.000	0.000																																																																																																																																																																																																																																														
10	Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/oc.	2.506	2.506	2.506																																																																																																																																																																																																																																														
11	Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/oc.																																																																																																																																																																																																																																																	
12	Peso Especifico del filler-Aparente	gr/oc.																																																																																																																																																																																																																																																	
13	Altura Promedio de la Probeta	cm.	6.64	6.51	6.56	6.57																																																																																																																																																																																																																																													
14	Peso de la briqueta en el Aire	gr.	1233.0	1229.0	1207.0																																																																																																																																																																																																																																														
15	Peso de la briqueta Saturada	gr.	1235.0	1231.0	1213.0																																																																																																																																																																																																																																														
16	Peso de la briqueta en el Agua	gr.	718.0	715.0	717.0																																																																																																																																																																																																																																														
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c.	517.0	516.0	496.0	509.7																																																																																																																																																																																																																																													
18	Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/oc.	2.385	2.382	2.433	2.400																																																																																																																																																																																																																																													
19	Peso Especifico Máximo (Riote) ASTM D-2041	gr/oc.	2.416	2.416	2.416																																																																																																																																																																																																																																														
20	Peso Especifico Máximo (Teórico) $100/(1/7+2/8+3/9+4/10+5/11+6/12)$	gr/oc.	2.363	2.363	2.363																																																																																																																																																																																																																																														
21	% de Vacios $100*((19-18)/19)$	%	1.3	1.4	-0.7	0.7																																																																																																																																																																																																																																													
22	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3+4+5+6)/((2/8+3/9+4/10+5/11+6/12)$	gr/oc.	2.598	2.598	2.598																																																																																																																																																																																																																																														
23	% V.M.A. Vacios del Agregado Mineral $100-(2+3+4+5+6)*18/22$	%	14.2	14.3	12.4	13.6																																																																																																																																																																																																																																													
24	% vacios llenados con C.A. $100*((23-21)/23)$	%	91.0	90.1	105.9	95.7																																																																																																																																																																																																																																													
25	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total $(2+3+4+5+6)/((100/19 - 1/7))$	gr/oc.	2.667	2.667	2.667																																																																																																																																																																																																																																														
26	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total $(100*7)/((25-22)*(25*22)$	%	1.02	1.02	1.02																																																																																																																																																																																																																																														
27	% de Asfalto Efectivo (1-26)	%	5.48	5.48	5.48																																																																																																																																																																																																																																														
28	Flujo	cm.	0.42	0.41	0.39	0.41																																																																																																																																																																																																																																													
29	Estabilidad sin corregir		1180	1257	1025																																																																																																																																																																																																																																														
30	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.04																																																																																																																																																																																																																																														
31	Estabilidad corregida (27*28)	kg.	1180	1257	1066	1168																																																																																																																																																																																																																																													
32	Factor de Rigidez (29/26)	kg/cm.	2805	3045	2735	2864																																																																																																																																																																																																																																													
	Número de Golpes por Capa		50	50	50																																																																																																																																																																																																																																														

Fuente: Laboratorio KAE Ingeniería

**TABLA N° 14:**  
**PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA MEZCLA ASFALTICA**



Fuente: Laboratorio KAE Ingeniería



iii. Determinación del óptimo contenido de cemento asfáltico

**TABLA Nº 15:**  
**CONTENIDO OPTIMO DE ASFALTO**

RESULTADOS Y CARACTERISTICAS DEL DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
Numero de golpes en cada cara de la probeta	50.00		50.00	
% Cemento Asfáltico en peso	5.60	%	5.60	%
Peso unitario Probeta	2.369	g/cm <sup>3</sup>	2.369	g/cm <sup>3</sup>
Vacíos	3.50	%	3.50	%
Vacíos Agregado Mineral	13.91	%	13.91	%
Vacíos llenados con C. A.	74.80	%	74.80	%
Flujo, 0.25 mm	0.38	cm	15.08	mm
Estabilidad	1233	kg	12.08	kN
Factor de rigidez	3268	kg/cm	3268	kg/cm

b. Mezcla asfáltica modificada

i. Elaboración de briquetas

Para empezar la elaboración de las mezclas asfálticas primero se tiene que pesar 5 kilos de agregado grueso y 5 kilos de agregado fino; luego de ello, ambos agregados y el asfalto se ponen a calentar en la cocina.

**Imagen Nº 6:** Calentado de material en cocina



Una vez caliente, se procede a integrar los agregados de acuerdo a la dosificación determinada, seguidamente se mezcla y se controla la temperatura que este entre 130°C - 135°C.

**Imagen N° 7:** Mezcla asfáltica convencional



Luego del control de temperatura se procede al llenado, chuceado y compactado de la mezcla asfáltica en el molde.

**Imagen N° 8:** Llenado de mezcla asfáltica convencional



**Imagen N° 9:** Compactación de mezcla asfáltica convencional



- ii. Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente con fibra de acero

Para determinar las propiedades de estabilidad y flujo se usó la prensa Marshall y para el porcentaje de vacíos, el ensayo rice.

**Imagen N° 10:** Briquetas modificadas



**Imagen N° 11: Prensa Marshall estabilidad y flujo**



El ensayo rice consiste en realizar otra mezcla asfáltica modificada según las dosificaciones, seguido de ello, se pesa el contenedor vacío, se pesa con la mezcla asfáltica, luego se pasa a la maquina donde se eliminarán los vacíos, una vez controlado 15 minutos, retiramos la muestra y echamos agua hasta el tope y sellamos con una plancha de vidrio, para verificar que no exista ningún vacío.

**Imagen N° 12: Peso del contenedor más mezcla modificada**



**Imagen N° 13: Ensayo Rice**



**Imagen N° 14: Llenado de agua y sellado con plancha de vidrio**



TABLA Nº 16:

PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA MEZCLA ASFALTICA MODIFICADA  
CON 1% DE FIBRA DE ACERO

FORMATO DE ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 ASTM D-1559

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	42.0%
Arena Chancada	0.0%
Arena Zarandeada	57.42%
Fibra de Acero (1%)	0.58%
Σ Suma	100.0%
C.A. (PEN)	60-70

Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0,01 mm)
1589.1	1589.12	474.2
1539.8	1539.82	502.9
1605.4	1605.42	492.8

Número de Probetas		Nº	1	2	3	Promedio
1	% C.A. en peso de la Mezcla	%	5.60	5.60	5.60	
2	% de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	39.65	39.65	39.65	
3	% de Arena Chancada en peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00	
4	% de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	%	54.20	54.20	54.20	
5	% de Fibra de Acero	%	0.55	0.55	0.55	
6	% de Filler en Peso de la Mezcla	%				
7	Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/oc.	1.026	1.026	1.026	
8	Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/oc.	2.737	2.737	2.737	
9	Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/oc.	0.000	0.000	0.000	
10	Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/oc.	2.506	2.506	2.506	
11	Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/oc.				
12	Peso Especifico del filler-Aparente	gr/oc.				
13	Altura Promedio de la Probeta	cm.				
14	Peso de la briqueta en el Aire	gr.	1231.2	1230.4	1232.5	
15	Peso de la briqueta Saturada	gr.	1237.3	1237.6	1239.7	
16	Peso de la briqueta en el Agua	gr.	714.3	713.4	715.8	
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c.	523.0	524.2	523.9	523.7
18	Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/oc.	2.354	2.347	2.353	2.351
19	Peso Especifico Máximo (Rice) ASTM D-2041	gr/oc.	2.483	2.483	2.483	
20	Peso Especifico Máximo (Teórico)	gr/oc.	2.374	2.374	2.374	
21	% de Vacíos	%	5.2	5.5	5.3	5.3
22	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/oc.	2.575	2.575	2.575	
23	% V.M.A. Vacíos del Agregado Mineral	%	13.7	13.9	13.7	13.8
24	% vacíos llenados con C.A.	%	62.1	60.8	61.8	61.5
25	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/oc.	2.711	2.711	2.711	
26	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total	%	2.01	2.01	2.01	
27	% de Asfalto Efectivo (1-26)	%	3.59	3.59	3.59	
28	Flujo	cm.	0.47	0.50	0.49	0.49
29	Estabilidad sin corregir		1589	1540	1605	
30	Factor de Estabilidad		0.96	0.96	0.96	
31	Estabilidad corregida (27*28)	kg	1526	1478	1541	1515
32	Factor de Rigidez (29/28)	kg/cm.	3217	2939	3127	3092
	Número de Golpes por Capa		50	50	50	



**TABLA Nº 16:**

**PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA MEZCLA ASFALTICA MODIFICADA  
CON 5% DE FIBRA DE ACERO**

**FORMATO DE ENSAYO MARSHALL**

**MTC E-504 ASTM D-1559**

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	42.0%
Arena Chancada	0.0%
Arena Zarandeada	55.10%
Fibra de Acero (5%)	2.90%
Σ Suma	100.0%
C.A. (PEN)	60-70

Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0,01 mm)
1375.8	1375.81	684.3
1535.9	1535.92	652.1
1409.1	1409.11	675.9

Número de Probetas	Nº	1	2	3	Promedio
1 % C.A. en peso de la Mezcla	%	5.60	5.60	5.60	
2 %de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	39.65	39.65	39.65	
3 % de Arena Chancada en peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00	
4 % de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	%	52.01	52.01	52.01	
5 % de Fibra de Acero	%	2.74	2.74	2.74	
6 % de Filler en Peso de la Mezcla	%				
7 Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/oc.	1.026	1.026	1.026	
8 Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/oc.	2.737	2.737	2.737	
9 Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/oc.	0.000	0.000	0.000	
10 Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/oc.	2.506	2.506	2.506	
11 Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/oc.				
12 Peso Especifico del filler-Aparente	gr/oc.				
13 Altura Promedio de la Probeta	cm.				
14 Peso de la briqueta en el Aire	gr.	1232.6	1238.8	1231.4	
15 Peso de la briqueta Saturada	gr.	1248.7	1254.3	1239.7	
16 Peso de la briqueta en el Agua	gr.	712.1	716.9	707.6	
17 Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c.	536.6	537.4	532.1	535.4
18 Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/oc.	2.297	2.305	2.314	2.305
19 Peso Especifico Máximo (Rice) ASTM D-2041	gr/oc.	2.508	2.508	2.508	
20 Peso Especifico Máximo (Teórico)	gr/oc.	2.302	2.302	2.302	
21 % de Vacios $100 \cdot ((19-18)/19)$	%	8.4	8.1	7.7	8.1
22 Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3+4+5+6)/((2/8+3/9+4/10+5/11+6/12)$	gr/oc.	2.486	2.486	2.486	
23 % V.M.A. Vacios del Agregado Mineral $100 \cdot (2+3+4+5+6) \cdot 18/22$	%	12.8	12.5	12.1	12.4
24 % vacios llenados con C.A. $100 \cdot ((23-21)/23)$	%	34.0	34.9	36.1	35.0
25 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total $(2+3+4+5+6)/((100/19 - 1/7))$	gr/oc.	2.744	2.744	2.744	
26 C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total $(100 \cdot 7) \cdot ((25-22)/(25 \cdot 22))$	%	3.88	3.88	3.88	
27 % de Asfalto Efectivo (1-26)	%	1.72	1.72	1.72	
28 Flujo	cm.	0.68	0.65	0.68	0.67
29 Estabilidad sin corregir		1376	1536	1409	
30 Factor de Estabilidad		0.93	0.93	0.96	
31 Estabilidad corregida (27*28)	kg.	1280	1428	1353	1354
32 Factor de Rigidez (29/28)	kg/cm.	1870	2190	2001	2018
Número de Golpes por Capa		50	50	50	

**TABLA Nº 16:**

**PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA MEZCLA ASFALTICA MODIFICADA  
CON 10% DE FIBRA DE ACERO**

**FORMATO DE ENSAYO MARSHALL**

**MTC E-504 ASTM D-1559**

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	42.0%
Arena Chancada	0.0%
Arena Zarandeada	52.20%
Fibra de Acero (10%)	5.80%
Σ Suma	100.0%
C.A. (PEN)	60-70

Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0,01 mm)
1405.1	1405.11	746.3
1323.1	1323.11	794.1
1388.6	1388.61	702.5

Número de Probetas	Nº	1	2	3	Promedio
1 % C.A. en peso de la Mezcla	%	5.60	5.60	5.60	
2 %de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	39.65	39.65	39.65	
3 % de Arena Chancada en peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00	
4 % de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	%	40.28	40.28	40.28	
5 % de Fibra de Acero	%	5.48	5.48	5.48	
6 % de Filler en Peso de la Mezcla	%				
7 Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/oc.	1.026	1.026	1.026	
8 Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/oc.	2.737	2.737	2.737	
9 Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/oc.	0.000	0.000	0.000	
10 Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/oc.	2.506	2.506	2.506	
11 Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/oc.				
12 Peso Especifico del filler-Aparente	gr/oc.				
13 Altura Promedio de la Probeta	cm.				
14 Peso de la briqueta en el Aire	gr.	1229.1	1229.4	1220.7	
15 Peso de la briqueta Saturada	gr.	1254.2	1256.7	1254.3	
16 Peso de la briqueta en el Agua	gr.	705.4	707.1	699.9	
17 Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c.	548.8	549.6	554.4	550.9
18 Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/oc.	2.240	2.237	2.202	2.226
19 Peso Especifico Máximo (Rico) ASTM D-2041	gr/oc.	2.521	2.521	2.521	
20 Peso Especifico Máximo (Teórico)	gr/oc.	2.218	2.218	2.218	
21 % de Vacios	%	11.2	11.3	12.7	11.7
22 Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/oc.	2.382	2.382	2.382	
23 % V.M.A. Vacios del Agregado Mineral	%	11.3	11.4	12.8	11.8
24 % vacios llenados con C.A.	%	0.8	0.8	0.7	0.8
25 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/oc.	2.760	2.760	2.760	
26 C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total	%	5.89	5.89	5.89	
27 % de Asfalto Efectivo (1-26)	%	-0.29	-0.29	-0.29	
28 Flujo	cm.	0.75	0.79	0.70	0.75
29 Estabilidad sin corregir		1405	1323	1389	
30 Factor de Estabilidad		0.89	0.89	0.89	
31 Estabilidad corregida (27*28)	kg.	1251	1178	1236	1221
32 Factor de Rigidez (29/28)	kg/cm.	1676	1483	1759	1634
Número de Golpes por Capa		50	50	50	



---

# **NORMAS LEGALES**

---

# MANUAL DEL ASFALTO



**THE ASPHALT INSTITUTE**

Traducido por

• **Manuel Velázquez**

Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Con la colaboración de

PRODUCTOS ASFALTICOS, S. A. (PROAS)



URMO, S. A. DE EDICIONES

ESPAATERO. 10- BILBAO-9 (ESPAÑA)



PERU

Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

Vice ministerio  
de Transportes

Dirección General  
de Caminos y  
Ferrocarriles

# MANUAL DE CARRETERAS

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN

### EG-2013





PERÚ

Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

Viceministerio  
de Transportes

Dirección General  
de Caminos y  
Ferrocarriles



# MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES

RD N° 18 - 2016 - MTC/14



Año - 2017

**NORMA TÉCNICA**

**CE. 010**

**PAVIMENTOS URBANOS**



Difundido por: ICG - Instituto de la Construcción y Gerencia  
[www.construccion.org](http://www.construccion.org) / [icg@icgmail.org](mailto:icg@icgmail.org)

---

**PANEL  
FOTOGRAFICO**

---



**Imagen N° 1:**  
**Agregado grueso**



Piedra chancada de 1/2" proveniente de la cantera Chero

**Imagen N° 2: Agregado fino**



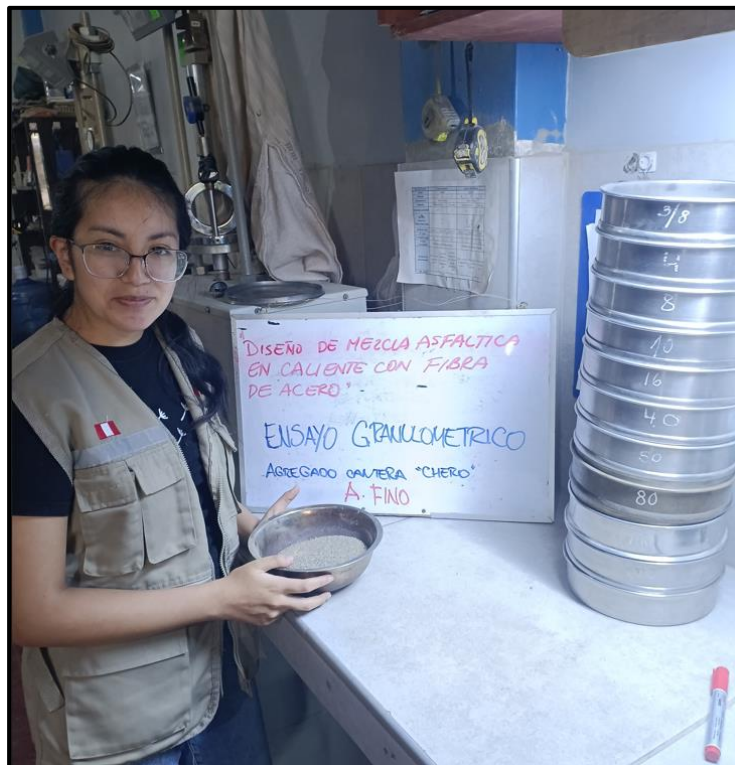
Arena gruesa proveniente de la cantera Chero

Imagen N° 3: Fibra de acero



Producto obtenido de la empresa SIKA

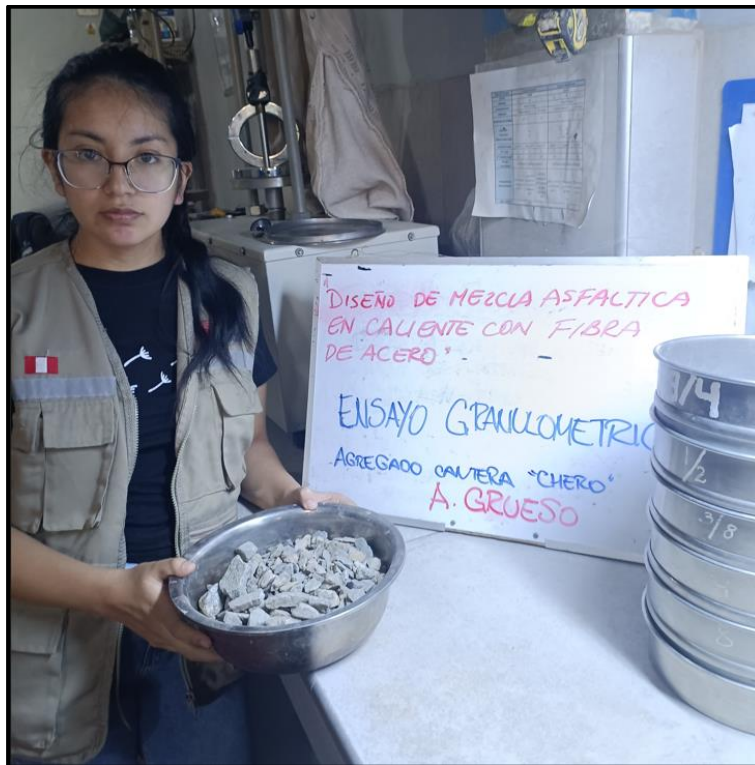
Imagen N° 4: Granulometría de agregado fino



Tamizado del agregado fino



Imagen N° 5: Granulometría de agregado grueso



Tamizado de agregado grueso

Imagen N° 6: Llenado de molde y enrazado



Llenado de molde con arena para ensayo equivalente arena

**Imagen N° 7: Llenado de los tubos con el agregado fino y agua**



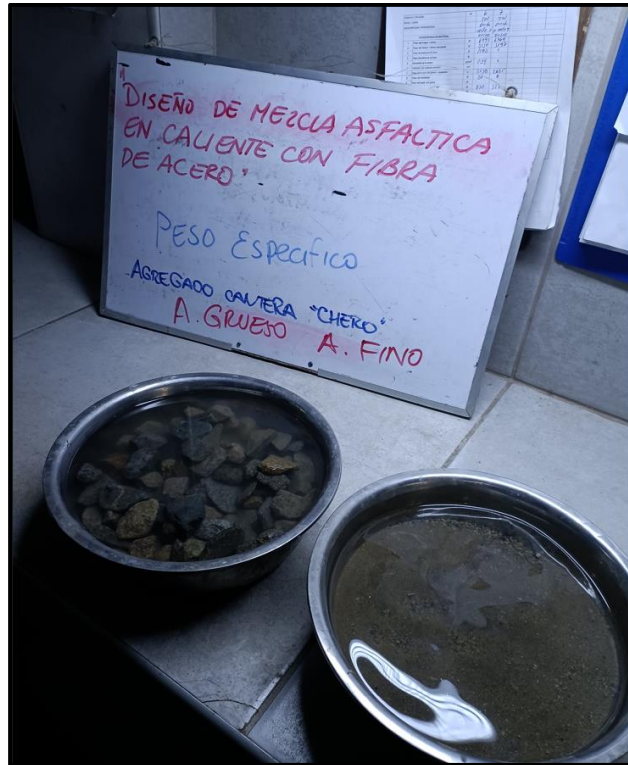
Una vez lleno se procede a agitar 90 veces para que los finos y la arena se separen.

**Imagen N° 8: Medición de la cantidad de arena y finos**



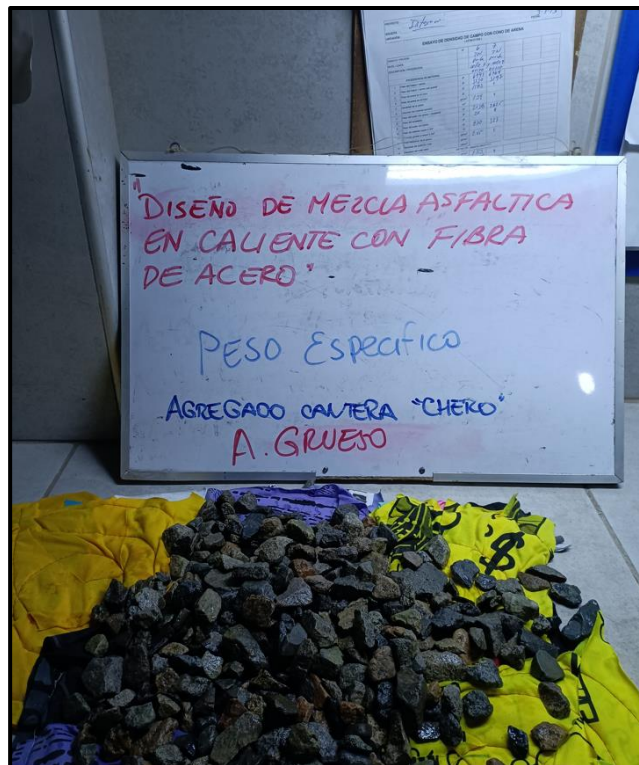
Luego de 15 minutos se mide la cantidad de arena y finos que posee.

Imagen N° 9: Saturación de muestras



Las muestras se dejan saturar por 24 horas antes de ser ensayadas

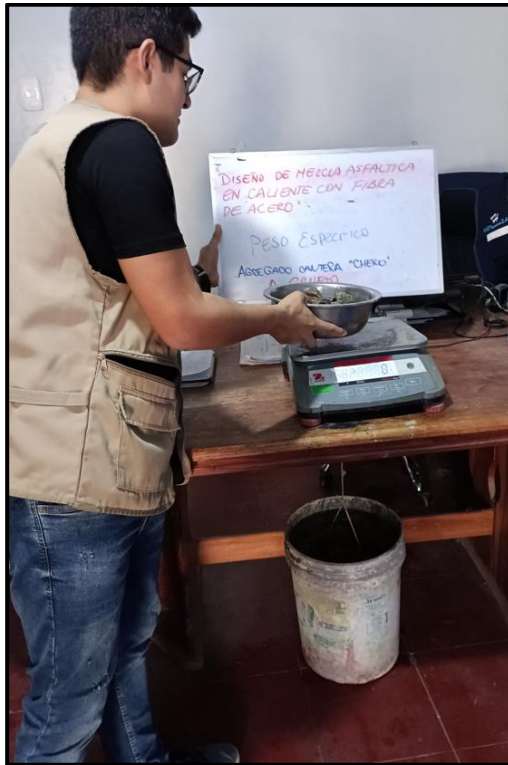
Imagen N° 10: Secado del agregado grueso



Se secan el agregado grueso de manera superficial

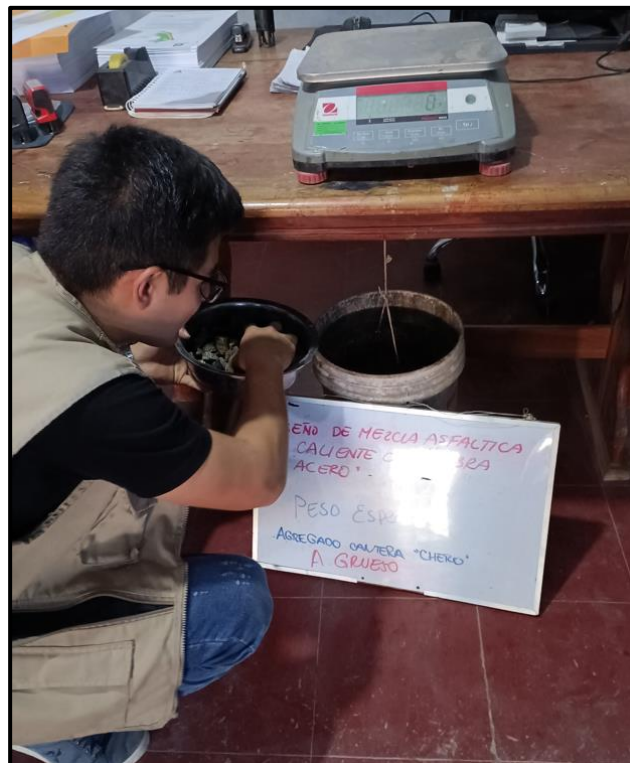


**Imagen N° 11: Peso del agregado grueso seco superficialmente**



Pesaje del agregado grueso secado superficialmente

**Imagen N°12: Peso del agregado grueso sumergido**



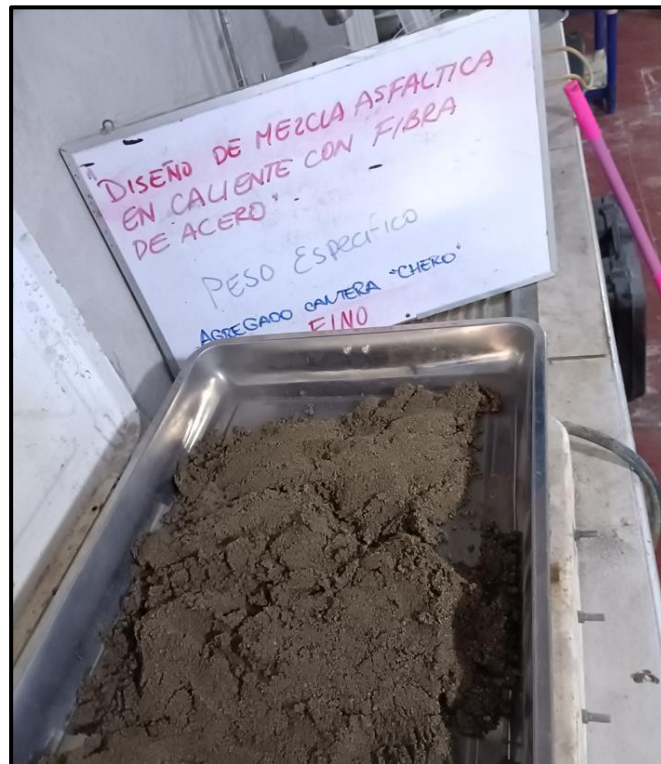
Calculo del peso sumergido del agregado grueso

Imagen N° 13: Secado del agregado grueso en cocina



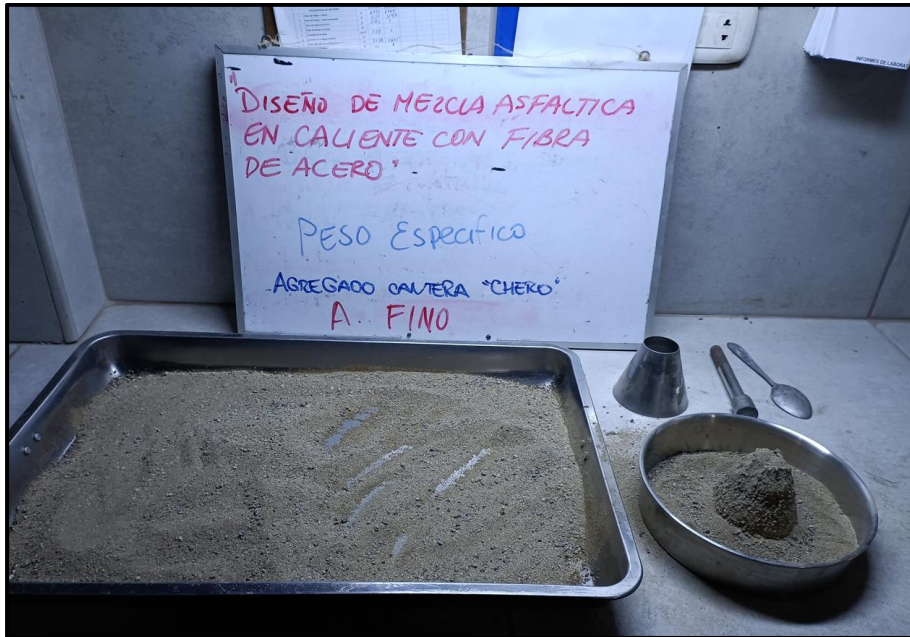
Luego se calienta los agregados para luego ser pesados en estado seco

Imagen N° 14: Secado del agregado fino en cocina



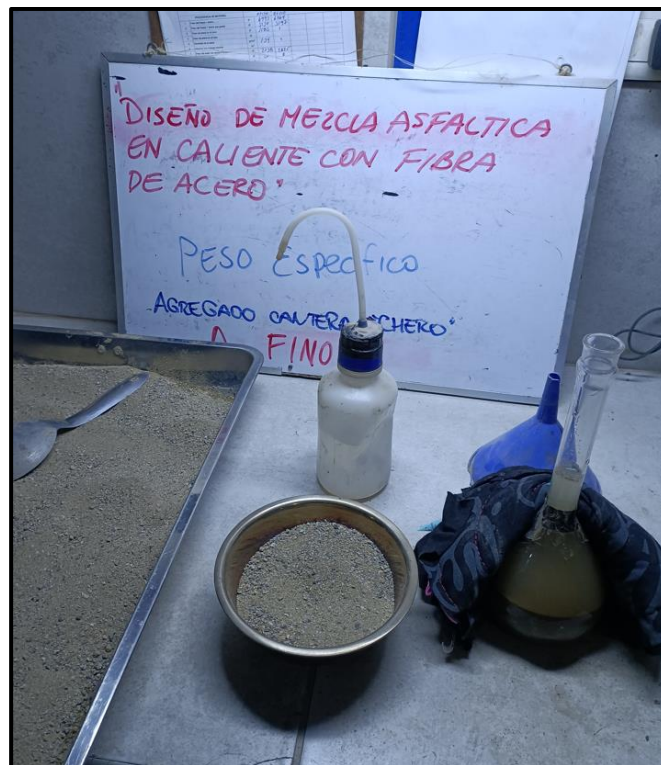
El agregado fino se calienta para obtener un estado semiseco

Imagen N° 15: Cono de Abraham para equivalente arena



Se realiza el cono de Abraham

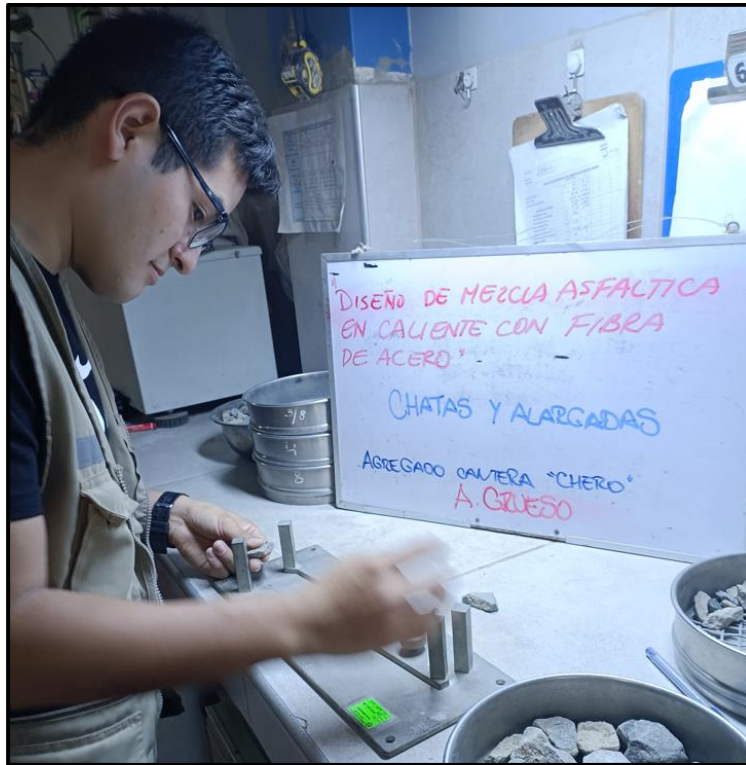
Imagen N° 16: Llenado, pesaje de la fiola



Llenado de fiola con agua y agregado fino semiseco



**Imagen N° 17: Ensayo chatas y alargadas**



Se realiza la relación largo ancho y ancho espesor del agregado grueso

**Imagen N° 18: Calentamiento del agregado fino y grueso**



Los agregados se calientan a una T° de 130°C

**Imagen N° 19: Calentamiento del asfalto**



Se calienta el asfalto a una  $T^{\circ}$  de  $130^{\circ}\text{C}$

**Imagen N° 20: Cantidad de agregado fino según dosificación**



Peso de agregado fino para mezcla convencional



Imagen N° 21: Cantidad de agregado grueso según dosificación



Peso de agregado grueso para mezcla convencional

Imagen N° 22: Cantidad de cemento asfáltico según dosificación



Peso del cemento asfáltico para mezcla convencional

Imagen N° 23: Control de temperatura de la mezcla asfáltica en caliente



Se controla la  $T^{\circ}$  que no sobrepase rápidamente los  $130^{\circ}\text{C}$

Imagen N° 24: Molde para briquetas



Molde para briquetas



**Imagen N° 25: Mezcla asfáltica convencional, lista para llenado de molde**



Se observa la mezcla ya homogenizada lista para el llenado

**Imagen N° 26: Llenado y chuceado de mezcla asfáltica convencional**



Llenado de mezcla asfáltica y chuceado

**Imagen N° 27: Compactación de la mezcla asfáltica convencional**



Se realiza el compactado para la elaboración de la briqueta

**Imagen N° 28: Prensa Marshall**



**Imagen N° 29: Calentamiento del agregado fino, grueso y asfalto para mezcla asfáltica modificada**



Los agregados se calientan a una T° de 130°C

**Imagen N° 30: Mezcla asfáltica con 1% de fibra de acero**



Mezcla asfáltica modificada con 1% de fibra de acero



Imagen N° 31: Mezcla asfáltica con 5% de fibra de acero



Mezcla asfáltica modificada con 5% de fibra de acero

Imagen N° 32: Mezcla asfáltica con 5% de fibra de acero



Mezcla asfáltica modificada con 10% de fibra de acero

Imagen N° 33: Llenado de mezcla asfáltica con 10% de fibra de acero



Llenado de molde con mezcla asfáltica modificada con 10% de fibra de acero

Imagen N° 34: Compactación de mezcla asfáltica con 10% de fibra de acero



Compactación de mezcla asfáltica modificada con 10% de fibra de acero

Imagen N° 35: Briqueta de mezcla asfáltica modificada



Briqueta con mezcla asfáltica modificada

Imagen N° 36: Peso de mezcla asfáltica con 1%, 5% y 10% de fibra de acero



Determinación del peso de cada briqueta modificada con 1%, 5% y 10% de fibra de acero

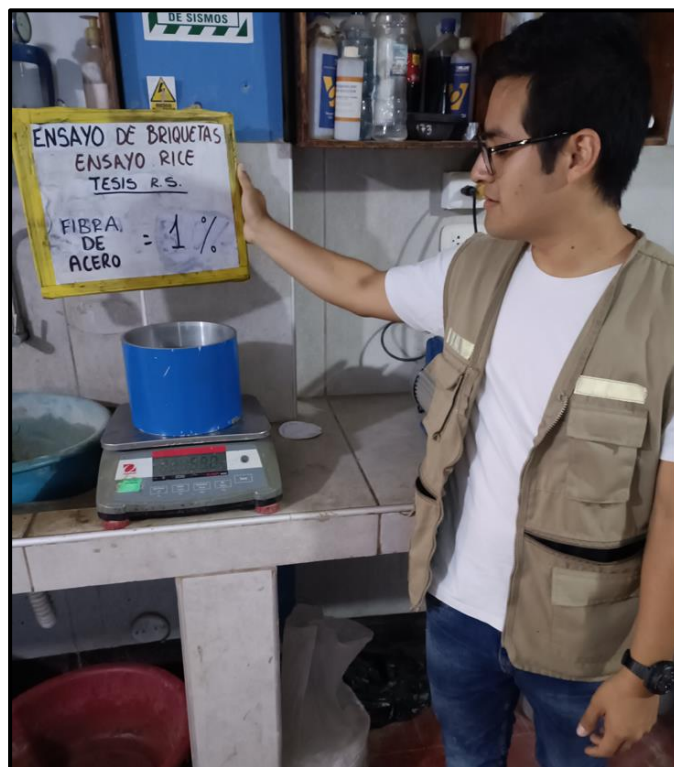


Imagen N° 37: Peso sumergido de la mezcla asfáltica con 1%, 5% y 10% de fibra de acero



Determinación del peso sumergido de cada briqueta modificada con 1%, 5% y 10% de fibra de acero

Imagen N° 38: Peso de mezcla asfáltica con 1%, 5% y 10% de fibra de acero



Ensayo rice para determinación de porcentajes de vacíos de la mezcla asfáltica modificada con 1% de fibra de acero

Imagen N° 39: Ensayo Rice de la mezcla asfáltica con 5% de fibra de acero



Ensayo rice para determinación de porcentajes de vacíos de la mezcla asfáltica modificada con 5% de fibra de acero

Imagen N° 40: Ensayo Rice de la mezcla asfáltica con 10% de fibra de acero



Ensayo rice para determinación de porcentajes de vacíos de la mezcla asfáltica modificada con 10% de fibra de acero

Imagen N° 41: Eliminación del material



Material restante luego del ensayo Rice

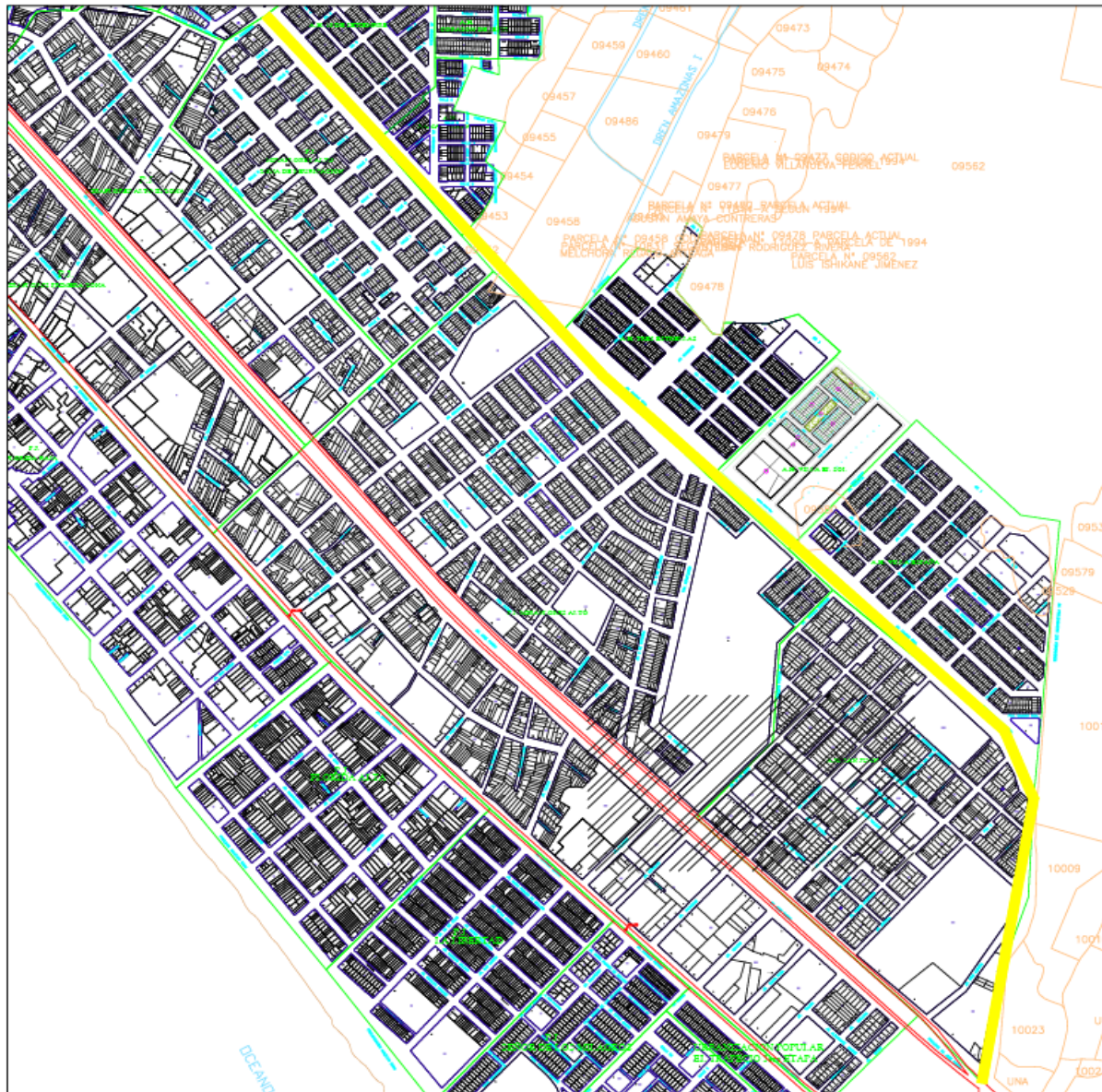
---

# PLANOS

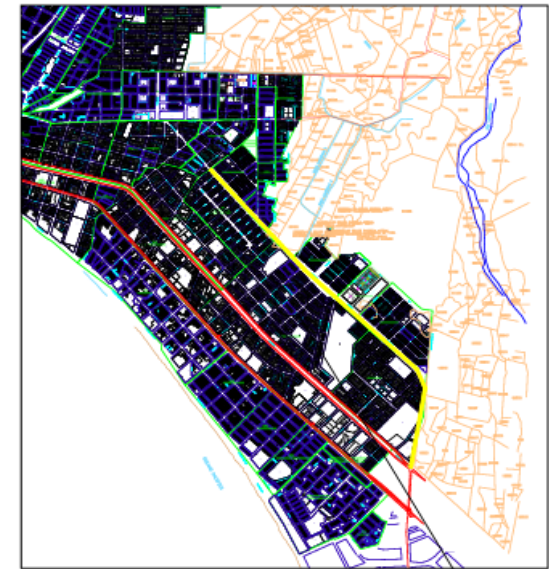
---

PLANO DE UBICACIÓN





PLANO DE UBICACIÓN  
ESCALA 1:5000



ESQUEMA DE LOCALIZACIÓN  
ESCALA 1:100000

DEPARTAMENTO : ANCASH  
 PROVINCIA : SANTA  
 DISTRITO : CHILIBOTE

LEYENDA

: CARRETERA DE ESTUDIO

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

Curso: DESARROLLO DE TESIS  
 Docente: MGR.T. SHEILA MABEL LEGENDRE SALAZAR  
 TESISISTAS: SILVA LEON RICARDO KAZUO  
 TELLO NEGLIA DIANA MERCEDES



Lamina:

CICLO: X      Escala: INDICADA      Fecha: 15/ 04 /23

**A-01**



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, LEGENDRE SALAZAR SHEILA MABEL, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHIMBOTE, asesor de Tesis titulada: "MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON FIBRA DE ACERO EN LA AV. CAMINO REAL DEL DISTRITO DE CHIMBOTE, ANCASH, 2022", cuyos autores son TELLO NEGLIA DIANA MERCEDES, SILVA LEON RICARDO KAZUO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHIMBOTE, 08 de Julio del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
LEGENDRE SALAZAR SHEILA MABEL <b>DNI:</b> 41594332 <b>ORCID:</b> 0000-0003-3326-6895	Firmado electrónicamente por: SLEGENDRE el 08- 07-2023 22:22:28

Código documento Trilce: TRI - 0580452